ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 15 OCTOBRE 1956.

PRÉSIDENCE DE M. ARMAND DE GRAMONT.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

Notice nécrologique sur Léon Bérard, par M. **Louis Bazy.**

Au début de cette année, j'avais le triste privilège de rendre hommage en votre nom à la mémoire de notre regretté confrère René Leriche. Aujourd'hui, j'ai le devoir d'évoquer devant vous la vie et les travaux d'un autre représentant de l'école lyonnaise, élève comme Leriche du Professeur Poncet, qui a, lui aussi, bien servi dans tous les domaines, le prestige de notre Pays.

M. **Léon Bérard**, correspondant de notre Académie pour la Section de Médecine et de Chirurgie depuis le 1er avril 1946, était né à Morez, dans le Jura, le 17 février 1870. Il appartenait à une famille éprise de ces humanités dont la culture semble toujours aussi nécessaire aux hommes de sciences, singulièrement à ceux qui, par vocation, se destinent à la chirurgie, science qui requiert au plus haut point des qualités humaines. Son frère Victor, helléniste de grande réputation, consacra une partie de son œuvre à suivre Ulysse dans ses pérégrinations et on le vit servir de guide, sur le terrain même, à ceux que passionnaient les récits d'Homère.

Nanti de ces fortes traditions familiales, Léon Bérard parcourut avec éclat toutes les étapes qui mènent à une brillante carrière. Docteur en Médecine de la Faculté de Médecine de Lyon où il fit toutes ses études, il devint successivement chef de clinique en 1897, agrégé de chirurgie en 1898, chirurgien des hôpitaux en 1901, enfin professeur de clinique chirurgicale en 1914 à la veille de la guerre. Il prenait possession de cette chaire n'ayant que 44 ans, à l'âge où tous les espoirs sont permis, car on dispose d'un temps suffisamment long pour pouvoir les réaliser. De fait, Léon Bérard ne déçut aucun de ceux qui avaient mis leur confiance dans sa jeune maîtrise. Jusqu'à sa retraite universitaire en 1940, il ne cessa de

travailler, de former des élèves, de jouer son rôle d'éducateur, non seulement auprès des médecins mais encore auprès du grand public, bref d'accomplir une œuvre considérable que vous avez voulu récompenser en l'appelant parmi vous.

C'est bien souvent dans les travaux de la prime jeunesse qu'on peut surprendre à l'état naissant les qualités qui, plus tard, caractériseront l'homme fait. J'en veux pour preuve le premier travail qu'écrivit M. Bérard alors qu'il n'avait pas encore passé sa thèse et n'était en 1895 qu'interne des hôpitaux de Lyon. A cette époque, la théorie parasitaire du cancer était à l'étude et M. Bérard, montrant déjà l'attirance qu'il avait pour tout ce qui touche au problème du cancer, se passionna pour elle. Les partisans du parasitisme pensant que l'agent infectieux du cancer devait appartenir au groupe si curieux des coccidies, M. Léon Bérard entreprit avec Félix Le Dantec de rassembler tous les documents relatifs à leur histoire, de manière, disait-il « à permettre aux médecins de prendre parti pour ou contre la théorie parasitaire du cancer en connaissance de cause ».

A coup sûr, dans l'œuvre de M. Léon Bérard, ce petit volume, semblera bien mince et lui-même eût été surpris peut-être de la place que j'ai voulu lui faire. Si j'ai mentionné toutefois ce livre de début, c'est d'abord qu'il fut le premier d'une imposante série, c'est aussi, et surtout, qu'il me semble bien révélateur de ces qualités dont M. Bérard devait, sa vie durant, nous fournir tant de preuves : l'esprit de curiosité; le souci de ne rien avancer qui ne reposât sur des documents exacts et aussi précis que possible. Telles furent, en effet, les notes dominantes que nous relevons tout au long d'une carrière scientifique particulièrement féconde.

On les retrouve dans le premier grand Ouvrage que Léon Bérard publia en 1898 avec son maître Poncet. Il avait trait à l'actinomycose. Bien que son existence eût été signalée pour la première fois en France par Lebert dès 1848, l'actinomycose était considérée dans notre pays comme une maladie d'exception. M. Poncet cependant, aidé de Léon Bérard, persuadé que l'actinomycose existait en France au même titre que dans l'Europe Centrale, se mit à la rechercher systématiquement chez tous les malades porteurs de lésions inflammatoires chroniques ou de néoplasmes ne rentrant pas dans les cadres des descriptions classiques. Poncet et Bérard la trouvèrent effectivement comme ils l'avaient supposé et purent accumuler les documents qui leur permirent de donner une description complète du parasite de l'actinomycose et des lésions qu'il provoque dans tous les tissus de l'organisme. Abordant enfin le chapitre thérapeutique, ils montrèrent qu'il ne fallait pas compter sur la prétendue valeur spécifique de l'iodure de potassium qui ne présentait d'efficacité réelle que comme complément du traitement chirurgical presque toujours indispensable.

Avant la considérable diffusion de la chirurgie, diffusion qui s'est surtout

accélérée depuis une trentaine d'années, Lyon était le grand centre chirurgical de la région des Alpes. Aussi y observait-on avec prédilection — tout comme en Suisse d'ailleurs et pour les mêmes raisons — de nombreuses affections du corps thyroïde qui constituaient une véritable chirurgie régionale. Aussi n'est-il pas étonnant qu'une part très importante des travaux de Léon Bérard y ait été consacrée. Sa thèse d'abord qu'il soutint en 1896 sur *La Thérapeutique chirurgicale du goitre* et qu'il fit suivre, pendant près de 40 ans, d'innombrables publications, parmi lesquelles on peut citer les traités consacrés au cancer du corps thyroïde et au traitement chirurgical de l'hyperthyroïdisme, sans compter la description complète des affections du corps thyroïde dans le *Traité de Chirurgie* de Le Dentu et Delbet. Ainsi la pathologie du corps thyroïde fut-elle abordée par Léon Bérard sous tous ses aspects. Il s'efforça même — tâche ardue — d'en éclaircir la pathogénie, ce qui le conduisit une fois de plus dans les laboratoires où il entreprit des recherches expérimentales sur l'origine tellurique chimique ou microbienne du goitre.

Mais Léon Bérard n'était pas homme à se cantonner sur un seul sujet, si passionnant qu'il le trouvât. L'exercice de la chirurgie offre chaque jour au chercheur trop d'énigmes pour qu'il ne se laisse pas tenter par l'attrait de leur découvrir une solution. D'autres circonstances le poussèrent encore à élargir le champ de son action. Léon Bérard avait épousé la fille de M. Mangini qui, ému des ravages sans cesse grandissants de la tuberculose, fonda de ses deniers un des premiers sanatoriums construits en France, le sanatorium Félix Mangini à Hauteville, dont la direction fut confiée au Docteur Dumarest, grand ami de Léon Bérard. C'est ainsi que celui-ci fut un des premiers chirurgiens à s'intéresser au traitement opératoire de la tuberculose pulmonaire. Dès 1913 il pouvait résumer son expérience dans une série de publications écrites pour la plupart en collaboration avec Dumarest et qui toutes ont trait au traitement chirurgical de la tuberculose pulmonaire. Certes, en pareille matière, les premiers essais furent modestes et l'on est loin aujourd'hui des interventions encore timides mais progressivement mieux assurées, par lesquelles Léon Bérard débuta dans la carrière de chirurgien de la tuberculose pulmonaire. Mais elles annonçaient déjà les merveilleuses opérations d'aujourd'hui qui, combinées avec les traitements antibiotiques, permettent de parler maintenant de guérisons radicales de la tuberculose pulmonaire.

Si l'amitié de Dumarest entraîna Léon Bérard dans le domaine de la tuberculose, ce fut celle qu'il avait nouée à Lyon avec M. Justin Godart qui le détermina dès 1917 à s'occuper du cancer, trop fréquemment observé hélas ! chez les mobilisés de la première guerre mondiale. Il revenait ainsi aux premières préoccupations de sa jeunesse et à partir de ce moment il ne les abandonna plus. Il continua néanmoins à s'intéresser encore aux

problèmes de chirurgie générale et on en trouve le témoignage dans les publications qu'il consacre soit seul, soit avec son élève Mallet-Guy aux affections chirurgicales du pancréas et des voies biliaires. Mais on peut dire qu'à partir du moment où il assuma en 1923 la charge de directeur du centre anti-cancéreux de Lyon, c'est à cette tâche si prenante mais combien émouvante, qu'il consacra le meilleur de son activité. En 1935, avec l'appui de M. Édouard Herriot, il installa dans l'un des pavillons de l'hôpital de Grange-Blanche un centre anti-cancéreux moderne. J'ai appris que bientôt serait inauguré un nouvel établissement qui portera à juste titre le nom de « Centre Professeur Léon Bérard ».

Si l'on possède une âme tant soit peu sensible aux misères humaines, il est impossible pour un chirurgien de s'occuper de deux affections comme la tuberculose et le cancer sans percevoir la nécessité de ne pas considérer seulement la maladie mais encore ses répercussions sur le plan de la Société. Comme d'autres, M. Bérard comprit qu'il se devait d'user de la grande autorité qu'il avait acquise pour jouer un rôle éducatif tendant à informer le public et à lui faire comprendre l'intérêt des diagnostics précoces, seuls capables, dans des affections aussi redoutables que le cancer ou la tuberculose d'aboutir à des traitements efficaces. Il s'attacha aussi dans deux maladies qui exigent souvent des soins prolongés, à maintenir ses patients dans une atmosphère aussi proche que possible de celle de leur existence habituelle, stimulant de la sorte leur état moral et leur permettant ainsi de reprendre très vite à l'issue de leur traitement leur place dans la vie.

Tant de travaux, tant de dévouement à la chose publique, tant de bienfaits répandus, devaient valoir à Léon Bérard les plus grands honneurs. Il était Membre non résidant des Académies de Médecine et de Chirurgie en même temps que Correspondant de l'Académie des Sciences. En 1925, il fut unanimement appelé à présider le Congrès français de Chirurgie et son audience s'étendait dans de nombreux pays étrangers où il avait aimé voyager, le plus souvent en compagnie de M. Hartmann.

On voudrait n'avoir à regarder que ce côté brillant de la vie et de la carrière de M. Léon Bérard. Hélas ! son cœur de père connut des tristesses infinies. Père d'une nombreuses famille, il vit tour à tour quatre de ses fils le précéder dans la tombe. La disparition du dernier lui fut particulièrement cruelle. Marcel Bérard n'était pas seulement le fils de sa chair mais, plus encore, le fils de son esprit. Agrégé, chirurgien des hôpitaux de Lyon, doué des plus belles qualités d'opérateur et d'enseigneur, il s'était engagé, suivant les traces de son père, dans la chirurgie thoracique et, très vite, il y avait conquis une place éminente qui dépassait le plan national pour s'étendre jusque sur le plan mondial. Son père avait tout lieu d'être fier de lui. En janvier dernier, âgé de 48 ans, il se tua en automobile en se rendant par la route à un sanatorium où il avait coutume d'opérer. Malgré

l'extraordinaire énergie qu'on lui connaissait et qui l'avait conduit jusque dans sa 87e année sans paraître ressentir ni l'atteinte ni le poids des ans, M. Léon Bérard fut gravement éprouvé dans sa résistance physique et morale. Le dimanche 2 septembre au matin, il s'éteignit à Lyon entouré de toute sa famille. A ses obsèques qui eurent lieu le 4 septembre, se pressait une foule d'amis, d'élèves et d'obligés venus rendre un dernier hommage à celui qui fut un admirable chef d'école, un grand chirurgien et, pour tout dire, un homme de bien. L'Académie des Sciences s'associe de tout cœur au deuil de tous ceux qui le pleurent et les prie d'accepter l'expression de sa profonde sympathie.

MÉCANIQUE PHYSIQUE. — *Analyse thermoélastique des transformations du titane.*

Note (*) de MM. **Albert Portevin** et **Robert Cabarat.**

Au moyen de l'appareillage précédemment décrit [1] qui permet de déterminer le module d'élasticité dynamique et la capacité d'amortissement des solides, en fonction de la température, nous avons étudié les transformations à l'état solide du titane à 99,9 % de densité 4,49 à 20° C.

La forme allotropique du titane à la température de 20° C est hexagonale, solution α. Konigsberger et Schilling [2] ont trouvé que la résistance électrique varie avec la température et indiquent l'existence de trois formes allotropiques du titane, qu'ils nomment α, β, γ, et dont les points de transition sont :

a. $\alpha \rightleftharpoons \beta$ à $+ 275°$ C;

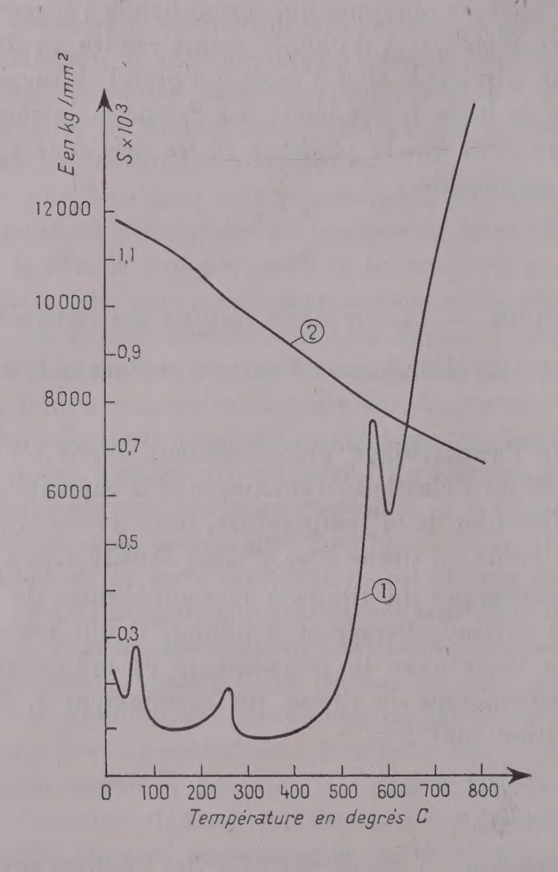
b. $\beta \rightleftharpoons \gamma$ à $+ 560°$ C.

Le but de cette étude a été de savoir si des mesures précises du module d'élasticité et de la capacité d'amortissement étaient susceptibles de mettre en évidence ces points de transformation.

Dans notre dispositif de mesure, l'éprouvette, fixée en son milieu, vibre longitudinalement en demi-onde, sans perte d'énergie appréciable aux points de fixation. La capacité d'amortissement est caractérisée par la valeur du décrément logarithmique des vibrations longitudinales. Pour éviter toutes pertes acoustiques aux extrémités, l'éprouvette vibre dans une enceinte dont le vide est de l'ordre de 0,2 mm de mercure.

Les résultats obtenus (courbe 1) confirment ceux obtenus par les méthodes électriques. Les valeurs du décrément δ passent par un maximum pour les températures de 275 et 560°. On constate en plus un maximum pour la température de 75° C.

Au-delà de 600° le décrément logarithmique semble à nouveau croître rapidement ce qui laisse prévoir une autre transformation qui peut être celle signalée par ailleurs à la température de 882° C environ. Notre appareillage ne nous a pas permis des mesures à des températures aussi élevées.



Entre 20 et 650° le module d'élasticité E (courbe 2) diminue de 11900 à 6 000 kg/mm² environ suivant une loi linéaire et on constate que seule la capacité d'amortissement indique nettement les points de transformation.

En dehors des travaux de Konigsberger et Schilling, la transformation β, (cubique) à 882° C étant la seule indiquée par différents auteurs, cette étude sera complétée sur des titanes purifiés et alliés en vue de se rendre compte de l'influence éventuelle d'oligoéléments notamment l'hydrogène et l'azote.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(¹) R. Cabarat, *Comptes rendus*, 217, 1943, p. 229.

(²) D'après P. Pascal, *Traité de Chimie générale*, p. 526.

MÉCANIQUE. — *L'équilibre des voiles minces hyperstatiques* (*Le cas des voiles de surface minimum*). Note (*) de M. **Gustavo Colonnetti**.

Reprenons en considération le cas des voiles de surface minimum dont nous avons parlé dans une Note précédente ([1]), et qui sont caractérisées par la condition

$$\frac{1}{\mathcal{R}_x} + \frac{1}{\mathcal{R}_y} = 0.$$

Il est évident que, dans ce cas, les courbures normales seront définies par une seule fonction

$$\frac{1}{\mathcal{R}} = \frac{1}{\mathcal{R}_x} = -\frac{1}{\mathcal{R}_y}$$

des coordonnées s_x et s_y.

Quant aux équations indéfinies de l'équilibre, elles pourront s'écrire

$$\frac{\partial \mathcal{N}_x}{\partial s_x} + \frac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y} + \frac{\mathcal{N}_x - \mathcal{N}_y}{r_y} - \frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x} = \mathrm{X},$$

$$\frac{\partial \mathcal{N}_y}{\partial s_y} + \frac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x} + \frac{\mathcal{N}_x - \mathcal{N}_y}{r_x} + \frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y} = \mathrm{Y},$$

$$\mathcal{N}_x - \mathcal{N}_y = \mathrm{Z}\mathcal{R}$$

La voie à suivre pour intégrer des équations de ce genre a été donnée par M. E. Storchi ([2]).

Selon ses suggestions, dès qu'on aura utilisé la dernière de ces trois équations pour éliminer une des inconnues (par exemple $\mathcal{N}_x$) dans les deux premières équations, celles-ci se réduiront à la forme

$$(1)\qquad \begin{cases} \dfrac{\partial \mathcal{N}_y}{\partial s_x} = \varphi(s_x, s_y) + \dfrac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x} - \dfrac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y}, \\[2ex] \dfrac{\partial \mathcal{N}_y}{\partial s_y} = \psi(s_x, s_y) - \dfrac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y} - \dfrac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x}; \end{cases}$$

$\varphi(s_x, s_y)$ et $\psi(s_x, s_y)$ étant des fonctions connues, c'est-à-dire qui dépendent seulement des éléments géométriques de la surface et des forces qui lui sont appliquées.

On en déduit immédiatement que

$$\frac{\partial^2 \mathcal{N}_y}{\partial s_x \partial s_y} = \frac{\partial}{\partial s_y}\left[\varphi(s_x, s_y) + \frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x} - \frac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y}\right] = \frac{\partial}{\partial s_x}\left[\psi(s_x, s_y) - \frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y} - \frac{\partial \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x}\right]$$

d'où l'équation

$$\boxed{\frac{\partial^2 \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_x^2} - \frac{\partial^2 \mathcal{T}_{xy}}{\partial s_y^2} + \frac{\partial}{\partial s_x}\left(\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_y}\right) + \frac{\partial}{\partial s_y}\left(\frac{2\mathcal{T}_{xy}}{r_x}\right) = \mathrm{F}(s_x, s_y)}$$

dans laquelle le second membre

$$F(s_x, s_y) = \frac{\partial}{\partial s_x}\left(Y - \frac{Z\mathcal{R}}{r_x}\right) - \frac{\partial}{\partial s_y}\left(X - \frac{Z\mathcal{R}}{r_y} - \frac{\partial}{\partial s_x}(Z\mathcal{R})\right)$$

est, lui aussi, une fonction connue.

Cette équation est notoirement intégrable; après quoi la connaissance de $\mathcal{N}_x$ et $\mathcal{N}_y$ dépend seulement de l'intégration (qui est immédiate) d'une des équations (I).

Dans chaque cas particulier resteront naturellement à déterminer les fonctions arbitraires que l'intégration aura introduites.

Et c'est à ce point que je propose, encore une fois, de recourir à ce théorème général de l'équilibre des corps déformables qui nous offre la possibilité de tenir compte de l'influence que, sur les valeurs des inconnues hyperstatiques, peuvent avoir les déformations non élastiques, imposées d'avance par précontrainte, ou bien introduites ensuite, à l'occasion du retrait et des déformations thermiques ou plastiques des matériaux.

L'équation suivant laquelle se traduit ce théorème ([3])

$$\int_S [(\varepsilon_x + \bar{\varepsilon}_x) + (\varepsilon_y + \bar{\varepsilon}_y)]\, e\, dS = 0$$

peut évidemment s'écrire aussi sous la forme

$$\int_S \left[\frac{m-1}{mE}(\mathcal{N}_x + \mathcal{N}_y) + (\bar{\varepsilon}_x + \bar{\varepsilon}_y)\, e\right] dS = 0,$$

m étant le coefficient de Poisson, et E le module d'élasticité normale du matériau.

A l'aide de cette équation on pourra toujours arriver à définir, parmi tous les systèmes de tensions qui satisfont aux équations indéfinies d'équilibre, celui qui se réalise effectivement en présence d'un système donné, et d'ailleurs tout à fait arbitraire, de déformations non élastiques.

Dans l'hypothèse de l'homogénéité (m et E constantes) et en absence de déformations non élastiques ($\bar{\varepsilon}_x = \bar{\varepsilon}_y = 0$), la solution du problème sera déterminée par l'équation

$$\int_S (\mathcal{N}_x + \mathcal{N}_y)\, dS = 0,$$

qui est caractéristique du voile en régime de parfaite élasticité.

On peut le constater immédiatement si l'on se limite au cas le plus simple et le plus banal : celui de l'état d'équilibre naturel qui s'établit spontanément en absence de toute force extérieure.

Parmi la simple infinité de solutions caractérisées par

$$\mathcal{N}_x = \mathcal{N}_y = \text{const.}$$

dont nous avons parlé dans la Note précédente ([3]), l'équation que nous venons d'écrire nous apprend que la seule solution effectivement réalisable dans ce cas est

$$\mathcal{N}_x = \mathcal{N}_y = 0,$$

qui traduit l'absence de tout état de coaction.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) G. Colonnetti, *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 761.

([2]) *Rendiconti Acc. Naz. Lincei*, **7**, 1949, p. 227; **8**, 1950, p. 116 et 326.

([3]) G. Colonnetti, *loc. cit.*, p. 763.

M. **Pierre Tardi** rend compte à l'Académie d'une importante série d'expériences géophysiques qui ont eu lieu du 24 août au 6 septembre dans les Alpes françaises en vue d'étudier, par l'enregistrement des ondes séismiques provoquées par de grandes explosions, la structure profonde du massif alpin.

Ces expériences ont été organisées par le Comité National français de Géodésie et Géophysique (Section de Séismologie). Elles s'inscrivent dans un programme d'ensemble arrêté par des accords internationaux et intéressant l'ensemble du continent européen.

Des équipes allemandes et italiennes ont participé aux expériences françaises de 1956 (Instituts de Géophysique appliquée de Hanovre, de Münich, de Hambourg, Observatoire géophysique de Trieste).

Ces expériences ont comporté le tir de charges de 1 à 10 t d'explosif immergées sous 10 m d'eau au fond du Lac des Rochilles, dans le Briançonnais, par 2 500 m d'altitude. Elles ont été effectuées sans aucun incident. Les enregistrements obtenus ont été nombreux et de bonne qualité. Leur dépouillement et surtout leur exploitation s'avèrent dès à présent délicats du fait du grand nombre d'ondes réfléchies qui ont été enregistrées par les différents postes suivant trois grands profils respectivement vers l'Ouest, vers le Sud et vers l'Est (Italie). Une Communication ultérieure rendra compte des principaux résultats obtenus.

Ces expériences n'ont pu être menées à bien que grâce au concours prêté par différents Services ou Organismes français. Il faut citer en premier lieu les Services de la Défense Nationale (Comité d'Action scientifique de la Défense Nationale et Section Technique des Bâtiments, Fortifications et Travaux du Génie) qui ont assuré les explosions elles-mêmes et réglé les difficiles problèmes de transport et de liaison en montagne, avec emploi d'hélicoptères. Il faut citer également la collaboration de la Radiodiffusion Nationale (qui a organisé des émissions spéciales de signaux horaires), de l'Électricité de France et de l'Institut Géographique National.

Une importante subvention allouée par le Centre National de la Recherche Scientifique a permis l'organisation même des expériences — cependant qu'une subvention de la Direction générale des Relations culturelles permettait de faciliter la collaboration des équipes étrangères.

Le Comité National français, en accord avec les organismes internationaux correspondants, envisage d'organiser en 1957 une seconde série d'expériences analogues à celles qui viennent d'être effectuées. Le centre des explosions serait situé cette fois dans le Massif du Pelvoux, c'est-à-dire dans la partie granitique des Alpes. On estime que les renseignements que l'on pourra ainsi recueillir complèteront ceux de 1956 qui ont été obtenus à partir d'un centre situé dans le plissement briançonnais.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale que le tome 239 (juillet-décembre 1954) des *Comptes rendus* est en distribution au Secrétariat.

M. **Henri Humbert** dépose sur le Bureau de l'Académie un nouveau fascicule de la *Flore de Madagascar et des Comores*, publiée sous sa direction. Ce fascicule comprend la famille des *Verbénacées* (274 pages et 42 planches de dessins) et celle des *Avicenniacées* (5 pages et 1 planche) élaborées par M. Harold N. Moldenke, directeur du Traisilde Museum, New Jersey (États-Unis).

M. **Alexandre Dauvillier** adresse en hommage à l'Académie son Ouvrage intitulé : *L'origine des Planètes*.

M. **Bertil Lindblad** adresse en hommage à l'Académie un Mémoire intitulé : *On a barred spiral structure in the Andromeda nebula*, with 2 plates and 4 figures in the text.

Les Ouvrages suivants sont présentés par M. **Roger Heim** :

Ministère de l'Agriculture. Direction générale des Eaux et Forêts. Service des Recherches piscicoles. *Annales de la Station centrale d'hydrobiologie appliquée*. Tome VI, 1956.

Encyclopédie biologique. XXVIII. *Les maladies cryptogamiques du manioc en Afrique occidentale*, par Jean Chevaugeon.

CORRESPONDANCE.

MM. **Roger Brard** et **Jean Vignal** prient l'Académie de bien vouloir les compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section de Géographie et Navigation, par la mort de M. *Jean Tilho*.

M. **Marc Simonnet** prie l'Académie de bien vouloir le compter au nombre des candidats à la place vacante, dans la Section d'Économie rurale, par la mort de M. *André Mayer*.

M. le **Secrétaire perpétuel** signale, parmi les pièces imprimées de la Correspondance :

1° Encyclopédie biologique. LI. *Contribution à l'étude du développement des céréales*, par Maurice Stroun ;

2° Douglas Mc Kie. *Priestley's laboratory and library and other of his effects. — An unpublished letter from Priestley to John Parker* ;

3° *Beiträge zur indirekten Streckenmessung mit 2 m-Invarbasislatte und Sekundentheodolit*, von M. Kneissl ;

4° UNESCO. *Manuel des échanges internationaux de publications ;*

5° National nuclear energy series. Manhattan Project Technical Section. Division VIII. Vol. 8. *Medical effects of the atomic bomb in Japan*, edited by Ashley W. Oughterson and Shields Warren ;

6° Institut français d'Outre-Mer, Marseille. *Congrès de la protection des végétaux et de leurs produits sous les climats chauds ;*

7° Academia Republicii populare Romîne. *Lucrarile sesiunii stiintifice a sectiei de stiinte medicale a Academiei R. P. R. din 22-24 Ianuarie 1954* ;

8° id. *Contributii experimentale la studiul imunitatii in malarie*, sub redactia Acad. M. Ciuca ;

9° R. Floru, C. Giurgea, M. Saragea. *Problemele fundamentale ale activitatii nervoase superioare ;*

10° Tiberiu Ghitescu. *Probleme de chirurgie experimentala ;*

11° Petru P. Groza. *Studiu al secretiei gastrice prin ulcer experimental ;*

12° A. Kreindler. *Nevroza astenica. Studii clinice fiziopatologice și terapeutice. — Epilepsia. Cercetari clinice și experimentale ;*

13° N. Gh. Lupu și C. Velican. *Pneumoconiozele-neprofesionale ;*

14° I. Rosner. *Reflexe conditionate și neconditionate dupa lezarea receptorilor cutanati și viscerali ;*

15° St. S. Nicolau. *Cancer și virusuri;*

16° M. Saragea și I. Foni. *Cercetari de fiziologie și fiziopatologie hepato-biliara;*

17° Stefan Stinca. *Medul social ca factor patologic*, cu un studiu introductiv și adnotàri de Samuil Izsak.

18° C. Velican. *Reglarea nervoasa a glandei suprarenale.*

ALGÈBRE. — *Sur la théorie générale des produits réguliers.*

Note (*) de M. **Mihail Benado**, présentée par M. Arnaud Denjoy.

Le but de cette Note est de présenter certains résultats concernant l'application de la théorie synthétique ([1]) des produits réguliers ([2]), à la théorie des groupes.

1. Définitions et notations. — Quant à la notion de produit régulier de groupes, je renvoie le lecteur aux travaux de M. O. N. Golovine ([2]); voir aussi ([3]).

Soit $\mathcal{G}$ un groupe ayant Σ pour domaine d'opérateurs; je dirai, pour abréger, que $\mathcal{G}$ est un Σ-groupe; par Σ-sous groupe du Σ-groupe $\mathcal{G}$ j'endends un sous-groupe de $\mathcal{G}$, permis par Σ.

Cela posé, j'introduis les notions suivantes :

1.1. Je dirai que le Σ-sous groupe G du Σ-groupe $\mathcal{G}$ est un *diviseur normal de degré h de* $\mathcal{G}$ ($h = 1, 2, 3, \ldots$) si l'on a

$$\mathcal{G} O^h G \leq G, \tag{1}$$

où l'on a posé

$$\begin{cases} \mathcal{G} O^n G = \mathcal{G} O(\mathcal{G} O^{n-1} G) & (n = 1, 2, 3, \ldots), \\ \mathcal{G} O^0 G = G \end{cases} \tag{2}$$

l'opération O n'étant autre que la commutation des sous groupes :

$$\begin{cases} AOB = [\{aOb\}], & a \in A, \quad b \in B, \\ aOb = a^{-1}, b^{-1} ab \end{cases} \tag{3}$$

où $[\{\ \}]$ signifie le sous groupe engendré dans $\mathcal{G}$ par le complexe $\{\ \}$.

1.2. Je dirai que le Σ-groupe $\mathcal{G}$ est le *produit direct de degré h* de ses Σ-sous groupes $\{G_i, i \in I\}$ ($h = 1, 2, 3, \ldots$) *si* $\mathcal{G}$ est le produit régulier des G_i, $\in$ I et *si* chaque G_i, $i \in I$ est un diviseur normal de degré h du groupe total $\mathcal{G}$.

Si dans 1.1 et 1.2 ou fait $h = 1$, on obtient les *notions classiques* de diviseur normal et de produit direct.

2. Principaux résultats. — 2.1. Théorème fondamental. *La propriété d'être diviseur normal de degré h* ($h = 1, 2, 3, \ldots$) *est une normalité unitaire au sens des M. M. V. Kořinek* ([4]) *et D. Barbilian* ([5]).

2.2 Théorème. — *Tout produit k-nilpotent* ([2]) ($k = 0, 1, 2, \ldots$) *est un produit direct de degré* $k + 1$ *et tout produit direct de degré* h($h = 1, 2, 3, \ldots$) *est*

isomorphe à un certain groupe-facteur « régulier » [au sens de M. Golovine (²)] du produit $(h-1)$ nilpotent des « mêmes » facteurs.

2.3. Théorème. — *Un produit régulier (²) est un produit direct de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$) si et seulement si le $h^{\text{ième}}$ commutant (²) de ses facteurs est égal à l'identité.*

2.4. Théorème. — *Les produits directs de degré h de produits directs de degré h sont toujours des produits directs de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$).*

C'est la *loi d'associativité* des produits directs de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$).

2.5. Théorème. — *Tout « sous produit » d'un produit direct de degré h est encore un produit direct de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$).*

Pour les produits k-nilpotents ($k>0$!) la propriété n'est plus valable (²).

2.6. Théorème. — *Si le Σ-groupe $\mathcal{G}$ est le produit régulier de ses Σ-sous groupes* G *et* G* *et si* G *est un diviseur normal de degré h ($h=1, 2, 3, \ldots$) de $\mathcal{G}$ alors, il en est de même de* G* *(et $\mathcal{G}$ est alors le produit direct de degré h de ses Σ sous groupes* G *et* G*).

Pour $h=1$ ce théorème a été obtenu par M. Golovine (²).

2.7. Théorème. — *Un groupe ne peut jamais être décomposable à la fois en produit libre et en produit direct de degré h (quel que soit $h=1, 2, 3, \ldots$), à moins qu'il ne se réduise à l'identité.*

Pour $h=1$ ce théorème a été démontré par MM. R. Baer et F. Levi (⁶).

Les démonstrations complètes des assertions de la présente Note, paraîtront ailleurs.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(¹) M. Benado, *Über die allgemeine Theorie der regulären Produkte von Herrn O. N. Golowin*, II (à paraître dans les *Mathematische Nachrichten*).

(²) *Recueil Math. Moscou*, 27, 1950, p. 427-454 (en russe).

(³) M. Benado, *Über die allgemeine Theorie der regulären Produkte von Herrn O. N. Golowin*, I (à paraître dans les *Mathematische Nachrichten*).

(⁴) V. Kořínek, *Der Schreiersche Satz und das Zassenhaussche Verfahren in Verbänden-Věstnik Kral. Česke Spol. Nauk, Třida mat.-přirod., Ročnik*, 1941, p. 1-29.

(⁵) D. Barbilian, *Études et Recherches mathématiques*, 4, cahiers 1-2, 1953, p. 29-67 (en roumain).

(⁶) R. Baer et F. Levi, *Compositio math.*, 3, 1936, p. 391-398.

ALGÈBRE. — *Sur la localisation des zéros des polynomes.*

Note (*) de M. **Maurice Parodi**, présentée par M. Henri Villat.

Dans un travail antérieur (¹), dont nous utiliserons les notations, nous avons signalé une méthode permettant d'améliorer, dans certains cas, la localisation dans le plan complexe des valeurs caractéristiques des matrices. Ce procédé peut être utilisé pour définir le domaine des zéros d'un polynome $f(z)$ et en

déduire diverses propriétés de ce dernier, en formant la matrice dont les valeurs caractéristiques sont égales aux zéros du polynome $f(z)$.

Si l'on considère le polynome $f(z)$ de degré n,

$$f(z) = z^n + a_1 z^{n-1} + \ldots + a_{n-1} z + a_n,$$

les formules (3), (4) et (5) de la Note précitée conduisent aux résultats suivants :

a. Le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des circonférences d'équations

$$(1)\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq |a_n| \dfrac{c_1}{c_n} + \ldots + |a_2| \dfrac{c_{n-1}}{c_n}. \end{cases}$$

b. Ce domaine peut être également défini par les inégalités

$$(2)\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq \left[\displaystyle\sum_{k=2}^{n} |a_k|^p \right]^{\frac{1}{p}} \dfrac{1}{c_n} \left[\displaystyle\sum_{k=1}^{n-1} c_k^q \right]^{\frac{1}{q}}. \end{cases}$$

c. Le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des circonférences d'équations

$$(3)\qquad \begin{cases} |z| \leqq \max \dfrac{c_k}{c_{k-1}} \qquad (k = 2, 3, \ldots, n), \\ |z + a_1| \leqq \dfrac{A}{c_n} \displaystyle\sum_{k=1}^{n-1} c_k. \end{cases}$$

A représentant le *module maximum* des éléments $a_k (k = 2, 3, \ldots, n)$.

En utilisant les inégalités (3), nous allons établir la proposition suivante : *Étant donné le polynome $f(z)$, si*

$$(4)\qquad |a_1| > 1 + nA,$$

$$(5)\qquad A > \frac{1}{n-1},$$

alors $f(z)$ possède $(n - 1)$ zéros dans le cercle-unité et un zéro et un seul dans le cercle de centre $-a_1$ et de rayon

$$\frac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA} \right]$$

ce rayon étant inférieur à l'unité.

Faisons, en effet, dans (3)

$$c_1 = c_2 = \ldots = c_{n-1} = c,$$

le domaine des zéros de $f(z)$ est alors défini par les inégalités

$$(3') \quad \begin{cases} |z| \leq \max\left(1, \dfrac{c_n}{c}\right). \\ |z+a_1| \leq \Lambda \dfrac{(n-1)c}{c_n}. \end{cases}$$

Choisissons c/c_n tel que

$$\frac{A(n-1)c}{c_n} = \lambda < 1 \qquad (\lambda > 0);$$

il vient

$$\frac{c}{c_n} = \frac{\lambda}{A(n-1)}$$

et le domaine envisagé se trouve défini par les relations

$$(3'') \quad \begin{cases} |z| \leq \max\left(1, \dfrac{(n-1)A}{\lambda}\right), \\ |z+a_1| \leq \lambda. \end{cases}$$

Supposons $(n-1)A/\lambda > 1$, le domaine précédent est caractérisé par les inégalités

$$(3''') \quad \begin{cases} |z| \leq \max \dfrac{(n-1)A}{\lambda}, \\ |z+a_1| \leq \lambda. \end{cases}$$

Posons que l'on a

$$|a_1| - \lambda = \frac{nA}{\lambda} > \frac{(n-1)A}{\lambda},$$

ce qui exprime que les circonférences définies par $(3''')$ n'ont aucun point commun, il vient l'équation en λ

$$\varphi(\lambda) = \lambda^2 - |a_1|\lambda + nA = 0.$$

Compte tenu de (4), il apparaît que cette équation a deux racines réelles positives séparées par l'unité; nous prendrons donc λ égal à la plus petite de ces racines, soit

$$\lambda = \frac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}\right].$$

Avec ce choix de λ, on voit que $(n-1)A/\lambda$ est supérieur à l'unité si (5) est satisfaite. Dans cette hypothèse le domaine des zéros de $f(z)$ est formé par la réunion des deux circonférences disjointes :

$$(6) \quad \begin{cases} |z| \leq \dfrac{2(n-1)A}{|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}} \qquad (>1), \\ |z+a_1| \leq \dfrac{1}{2}\left[|a_1| - \sqrt{|a_1|^2 - 4nA}\right] \qquad (<1). \end{cases}$$

D'après un théorème de M. A. Brauer, il apparaît que la première contient $(n-1)$ zéros de $f(z)$ et la seconde un zéro et un seul. Comme (4) implique

$$|a_1| > 1 + \sum_{k=2}^{n} |a_k|$$

et que l'on sait que cette inégalité veut que $f(z)$ ait $(n-1)$ zéros dans le cercle-unité et un zéro dans le cercle de centre $-a_1$ et de rayon $\sum_{k=2}^{n} |a_k|$, on voit, en confrontant les deux domaines, la légitimité de la proposition énoncée.

(*) Séance du 8 octobre 1956.
(1) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2617.

MÉCANIQUE. — *Sur une extension des principes variationnels de la Mécanique et sur l'existence d'autres principes analogues.* Note (*) de M. **Victor Vâlcovici**, présentée par M. Henri Villat.

On indique un principe intégral général valable pour des mouvements variés non synchrones et pour des liaisons d'une facture très générale. On en déduit les deux principes classiques (de moindre action et d'Hamilton) et une infinité d'autres qui conduisent aux équations du mouvement avec des liaisons non holonomes.
On obtient ainsi une classe très générale de liaisons non holonomes.

Soit A_i un système de n points matériels, $A_i (i = 1, 2, \ldots, n)$ de masse m_i, ayant le vecteur de position $\bar{r}_i$ au moment t et soumis à l'action de la force proprement dite $\bar{F}_i$, fonction de r, $\dot{\bar{r}}$, t, ainsi qu'à un nombre $m (< 3n)$ de liaisons non holonomes de forme générale (1).

On établit d'habitude le principe variationnel d'Hamilton en considérant seulement des mouvements variés synchrones. Récemment M. E. Storchi a montré (2) que dans le cas des forces conservatives le principe reste valable si l'on considère également certains mouvements non synchrones,

(1) $$t' = t + \delta t,$$

sur des courbes variées,

(2) $$\bar{r}'_i = \bar{r}_i + \delta \bar{r}_i,$$

$\delta \bar{r}_i$ étant un déplacement virtuel du système, compatible avec les liaisons.

On peut aisément étendre cette propriété à des formes générales du principe en déduisant de l'équation de d'Alembert-Lagrange (principe du travail virtuel) un principe général intégral :

(3) $$\Omega \equiv \int_{t_0}^{t_1} \left(\delta \mathcal{L} + \delta' \mathrm{T} + 2\mathrm{T} \frac{d}{dt} \delta t \right) dt = 0;$$

nous avons désigné par $\delta\mathcal{L}$ le travail virtuel des forces,

$$\delta\mathcal{L} = \sum_{i=1}^{n} \overline{\mathrm{F}}_i \, \delta_i \overline{r},$$

par T l'énergie du système et par $\delta'\mathrm{T}$ sa variation quand on passe du mouvement réel au mouvement non synchrone considéré. On en déduit le principe de moindre action sous la forme suivante :

$$(4) \qquad \delta'\mathrm{A} = 0, \qquad \mathrm{A} = \int_{t_0}^{t_1} 2\mathrm{T}\, dt,$$

si δt satisfait la condition

$$(5) \qquad \int_{t_0}^{t_1} \delta\mathcal{L}\, dt = \int_{t_0}^{t_1} \delta'\mathrm{T}\, dt.$$

Dans le cas spécial des forces quasiconservatives (potentiel U dépendant explicitement de la position des points et de δt), le principe général intégral (3) nous conduira au principe variationnel suivant :

$$(6) \qquad \delta' \int_{t_0}^{t_1} \mathrm{E}(\alpha_1, \alpha_2)\, dt, \qquad \mathrm{E}(\alpha_1, \alpha_2) = \alpha_1 \mathrm{T} + \alpha_2 \mathrm{U},$$

α_1 et α_2 étant deux paramètres arbitraires, avec la condition pour δt :

$$(7) \qquad \int_{t_0}^{t_1} \delta'\mathrm{L} + 2\mathrm{T}\frac{d}{dt}\delta t - \frac{\partial \mathrm{U}}{\partial t}\delta t \Big)\, dt = 0, \qquad \mathrm{L} = \mathrm{T} + \mathrm{U}.$$

De cette façon on aura détecté une infinité de principes variationnels. L'expression $\mathrm{E}(\alpha_1, \alpha_2)$ peut être interprétée comme une sorte d'énergie cinéto-potentielle « du genre (α_1, α_2) » qui comprend comme cas particulier les grandeurs physiques : T, U, $\mathrm{L}(=\mathrm{T}+\mathrm{U})$ et $\mathrm{E}(=\mathrm{T}-\mathrm{U})$.

Si l'on prend $\alpha_1 = \alpha_2 = 1$ on obtient de (6) une forme généralisée du principe d'Hamilton comme principe variationnel par rapport à des mouvements variés synchrones. D'autres formes remarquables à savoir

$$\delta' \int \mathrm{U}\, dt = 0 \qquad \text{et} \qquad \delta' \int (\mathrm{T} - \mathrm{U})\, dt = 0$$

seront obtenus de (6) en prenant

$$\alpha_1 = 0, \quad \alpha_2 = 1 \qquad \text{et} \qquad \alpha_1 = 1, \quad \alpha_2 = -1$$

respectivement, la relation de condition pour δt étant la même dans tous les cas, à savoir la relation (7).

La méthode exposée ci-dessus est susceptible de fournir aussi d'autres principes variationnels se rapportant a des cas plus généraux.

Tous ces principes sont valables pour des systèmes soumis à des liaisons non

holonomes de forme très générale, telles que nous les avons formulées dans notre Note précédente ([3]).

On voit ainsi que les deux principes variationnels classiques (de moindre action et d'Hamilton) seront en quelque sorte déplacés par les nouveaux, de leur position d'exclusivité dont ils avaient joui jusqu'à présent.

Le développement de cette Note paraîtra ailleurs.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1012.

([2]) R. Lincei, **10**, 1955, p. 161-165.

([3]) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 1012.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Nouvelle représentation du fluide à spin relativiste.* Note (*) de M. **François Halbwachs**, présentée par M. Louis de Broglie.

On introduit dans la représention de Weyssenhoff un quadrivecteur spin σ_μ et une « impulsion d'espace propre » p^μ orthogonale au courant. Ceux-ci forment, avec la vitesse d'univers u^μ et l'accélération $\dot{u}^\mu$, un système de quatre vecteurs orthogonaux généralisant les axes de Frenet.

Dans une Note précédente ([1]) nous avons proposé de représenter la rotation interne d'un fluide de Weyssenhoff ([2]) par un quadrivecteur spin σ_μ défini à partir du tenseur $s^{\alpha\beta}$ par la relation covariante $\sigma_\mu = (i/c)\varepsilon_{\mu\nu\alpha\beta}s^{\alpha\beta}u^\nu$. Nous avons montré que ce vecteur est orthogonal au courant ($\sigma_\mu u^\mu = 0$), orthogonal à l'accélération ($\sigma_\mu \dot{u}^\mu = 0$), et reste invariable le long d'une ligne de courant ($\dot{\sigma}_\mu = 0$).

D'autre part, le fluide de Weyssenhoff se caractérisant par une impulsion g^μ non colinéaire au courant, il est naturel de décomposer cette impulsion en un vecteur colinéaire et un vecteur orthogonal au courant en posant $g^\mu = ku^\mu - p^\mu$ avec $p^\mu u_\mu = 0$. p^μ, qui est dans l'espace propre, caractérise le mouvement tourbillonnaire, abstraction faite du courant qui entraîne chaque élément du fluide. Nous l'appellerons « impulsion d'espace propre ». On voit que le coefficient k est la densité de masse propre μ_0 qui se conserve le long d'une ligne de courant ($\dot{\mu}_0 = 0$) car on a d'après Weyssenhoff.

$$c^2\mu_0 = -g^\mu u_\mu = -(ku^\mu u_\mu - p^\mu u_\mu) = k.$$

D'où

$$g^\mu = \mu_0 u^\mu - p^\mu \qquad (p^\mu u_\mu = 0).$$

Introduisons les deux vecteurs p^μ et σ^μ à la place de g^μ et $s^{\mu\nu}$ dans les équations de Weyssenhoff. L'équation $\dot{g}^\mu = 0$ fournit $\dot{p}^\mu = \mu_0 \dot{u}^\mu$. On voit combien étroitement le mouvement tourbillonnaire est lié au courant lui-même. D'autre part l'équation $\dot{s}^{\mu\nu} = g^\mu u^\nu - g^\nu u^\mu$ donne $\dot{s}^{\mu\nu} = -p^\mu u^\nu + p^\nu u^\mu$. Si on introduit le

spin

(1) $$s^{\mu\nu} = \frac{i}{c}\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\dot{u}_\alpha\sigma_\beta.$$

D'où

$$p^\nu u^\mu - p^\mu u^\nu = \frac{i}{c}\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}\dot{u}_\alpha\sigma_\beta.$$

Multiplions par u_ν,

$$p^\mu = \frac{i}{c^3}\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}u_\nu\dot{u}_\alpha\sigma_\beta.$$

Et les équations de Weyssenhoff deviennent :

$$\boxed{\begin{array}{ccc} \dot{\mu}_0 = 0, & \dot{p}^\mu = \mu_0\dot{u}^\mu, & \dot{\sigma}^\mu = 0; \\ \sigma^\nu u_\nu = 0, & \sigma^\nu\dot{u}_\nu = 0, & u^\nu\dot{u}_\nu = 0; \\ \multicolumn{3}{c}{p^\mu = \dfrac{i}{c^3}\varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta}u_\nu\dot{u}_\alpha\sigma_\beta.} \end{array}}$$

Les quatre dernières relations font apparaître quatre vecteurs d'univers orthogonaux $u^\nu\,\dot{u}^\nu\,\sigma^\nu$ et p^ν qui forment un système de Frenet généralisé. Dans l'espace propre les trois derniers définissent trois axes rectangulaires, et on a, en les rapportant aux axes propres.

$$(p^k)_0 = \frac{i}{c^3}\varepsilon^{k4lj}ic\,\dot{v}_l\sigma_j = \frac{1}{c^2}\varepsilon^{klj}\dot{v}_l\sigma_j.$$

L'impulsion d'espace propre est le produit vectoriel de l'accélération par le spin, ou plutôt des vecteurs $\dot{\mathbf{v}}_0/c$ et $\boldsymbol{\sigma}_0/c$,

(1) $$c^2\mathbf{p}_0 = \dot{\mathbf{v}}_0 \times \boldsymbol{\sigma}_0.$$

On sait que Weyssenhoff ([2]) a intégré le mouvement en le rapportant à un « système d'inertie » dont les axes d'espace sont orthogonaux à l'impulsion g^μ, la particule possédant dans ce système une vitesse v^k.

Les composantes de la vitesse d'univers sont alors

$$u^k = \alpha v^k, \qquad u^4 = \alpha ic \qquad \left(\alpha = \frac{1}{\sqrt{1-\dfrac{v^2}{c^2}}}\right)$$

et leurs dérivées le long d'une ligne d'univers :

$$\dot{u}^k = \alpha^2\dot{v}^k, \qquad \dot{u}^4 = 0$$

Dans ce système on a en particulier :

$$\dot{s}^{lj} = 0, \qquad \dot{s}^{4j} = i\mathrm{M}cu^j \qquad \left(\mathrm{M}^2 = -\frac{g^\mu g_\mu}{c^2} = \frac{\mu_0^2}{\alpha^2}\right)$$

ou encore

$$\dot{s}^{4j} = i\mu_0 c v^j.$$

Projetons sur ces axes l'équation $\dot{s}^{\mu\nu} = i/c\, \varepsilon^{\mu\nu\alpha\beta} \dot{u}_\alpha \sigma_\beta$

$$\dot{s}^{ij} = 0 = \frac{i}{c} \varepsilon^{ijk4} \dot{u}_k \sigma_4 \quad \text{d'où} \quad \sigma_4 \dot{u}_k = 0 \qquad \text{et} \qquad \sigma_4 = 0,$$

ceci traduisant simplement le fait que $\sigma^\mu g_\mu = 0$.

De plus

$$\dot{s}^{4i} = i \mu_0 c v^i = \frac{i}{c} \varepsilon^{4ijk} \dot{u}_j \sigma_k,$$

$$c^2 \mu_0 v^i = \varepsilon^{ijk} \dot{u}_j \sigma_k = \alpha^2 \varepsilon^{ijk} \dot{v}_j \sigma_k.$$

ce qu'on peut écrire

$$c^2 \mu_0 \mathbf{v}_\text{I} = \alpha^2 \dot{\mathbf{v}}_\text{I} \times \boldsymbol{\sigma}_1. \tag{2}$$

Cette relation ne doit pas être confondue avec la relation (1) écrite *dans le système propre*, car $\mathbf{v}_\text{I}$ est seulement la projection sur les axes d'espace du système d'inertie d'un quadrivecteur qui a également une composante de temps. Elle permet de montrer, comme l'a fait Weyssenhoff, que le corpuscule décrit dans le système d'inertie un mouvement circulaire et uniforme autour du spin.

Il est facile de voir que le vecteur utilisé comme spin par Weyssenhoff dans le système d'inertie est $\mathbf{s} = \alpha\boldsymbol{\sigma}$. Il est constant parce que $\dot{\sigma}^\mu = 0$ et que v^2 (donc α) est constant. Mais on doit remarquer que, contrairement à $\boldsymbol{\sigma}$ qui s'identifie avec le quadrivecteur σ^μ dont toutes les composantes sont dans l'espace d'inertie, $\mathbf{s}$, dual d'espace de s^{ij} n'a de signification qu'associé à un autre vecteur $\mathbf{q}$ de composantes s^{i4}, et que cette décomposition de $s^{\mu\nu}$ n'est pas covariante (3).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1022.

(2) WEYSSENHOFF, *Acta Phys. Pol.*, 9, 147, p. 8.

(3) L. DE BROGLIE, *Théorie des particules de spin 1/2*, p. 54.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Les équations de l'électron magnétique déduites de la théorie des champs de tétrapodes*. Note (*) de M. **ALIX AYMARD**, présentée par M. Louis de Broglie.

Les équations des champs de tétrapodes établies dans une Note précédente (1) donnent avec un lagrangien approprié les équations tensorielles de l'électron magnétique valables en relativité généralisée.

Précisons d'abord quelques notations ; nous désignerons par :

$\mathbf{A}_{;i}$ le vecteur de composantes $A_{k;i}$ le signe ; désignant la dérivation covariante ;

$(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ le vecteur de composantes $B^m C_{m;k}$;

$\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ le scalaire produit intérieur de $\mathbf{A}$ et $(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}})$ c'est-à-dire $A^k B^m C_{m;k}$;

$\dot{\omega}$ le gradient de ω de composantes $\omega_{,k}$;

$\mathbf{P}[\mathbf{QR}]$ le produit intérieur du bivecteur $[\mathbf{QR}]$ par le vecteur $\mathbf{P}$, c'est-à-dire

$$\mathbf{P}[\mathbf{QR}] = (\mathbf{PQ})\,\mathbf{R} - (\mathbf{PR})\,\mathbf{Q} ;$$

$[\mathbf{PS}][\mathbf{QR}]$ le produit intérieur des bivecteurs $[\mathbf{PS}]$ et $[\mathbf{QR}]$ c'est-à-dire

$$[\mathbf{PS}][\mathbf{QR}] = \begin{vmatrix} \mathbf{PQ} & \mathbf{PR} \\ \mathbf{SQ} & \mathbf{SR} \end{vmatrix} = (\mathbf{PQ})(\mathbf{SR}) - (\mathbf{PR})(\mathbf{SQ}) = \frac{1}{2}(P^i S^j - P^j S^i)(Q_i R_j - Q_j R_i).$$

Considérons maintenant un champ composé de tétrapodes $\mathbf{A}$, $\mathbf{B}$, $\mathbf{C}$, $\mathbf{D}$ et de deux scalaires ρ et ω avec le lagrangien suivant :

$$\mathcal{L} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho\left\{\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega\right\},$$

m_0 étant la masse propre de l'électron. Ce champ comporte huit arbitraires les huit équations du champ sont

$$\text{(I)} \qquad \left[\mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}}\right] + \left[\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}}\right] + \left[\mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}}\right] + \left[\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}}\right] = 0, \qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = 0, \qquad \frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = 0.$$

Les dérivées variationnelles sont

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) - (\operatorname{div}\rho\mathbf{B})\,\mathbf{C} - \rho\mathbf{C}_{,m}B^m + \rho\mathbf{B}_{,m}C^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) - (\operatorname{div}\rho\mathbf{C})\,\mathbf{A} - \rho\mathbf{A}_{,m}C^m + \rho C_{,m}A^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\{\rho(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) - (\operatorname{div}\rho\mathbf{A})\,\mathbf{B} - \rho\mathbf{B}_{,m}A^m + \rho\mathbf{A}_{,m}B^m\},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\rho\dot{\omega},$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = -\sqrt{-g}\left(\operatorname{div}\frac{\hbar}{2}\rho\,\mathbf{D} + \rho m_0 c\sin\omega\right),$$

$$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = \sqrt{-g}\,\frac{\hbar}{2}\left\{\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega\right\}.$$

Explicitons les huit équations scalaires du champ :

$\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} - \mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = 0$ donne (I.1) $\operatorname{div}\rho\mathbf{A} = 0,$

$\mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} = 0$ » (I.2) $\operatorname{div}\rho\mathbf{B} = 0,$

$\mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} = 0$ » (I.3) $\operatorname{div}\rho\mathbf{C} = 0,$

$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\omega} = 0$ » (I.4) $\operatorname{div}\frac{\hbar}{2}\rho\,\mathbf{D} + \rho m_0\sin\omega = 0,$

$\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\rho} = 0$ » (I.5) $\mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{C}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}\dot{\omega} + \frac{2}{\hbar}m_0 c\cos\omega = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{A}} + \mathbf{A}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.6) $\mathbf{B}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{D}}) + \mathbf{C}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{D}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{A}\dot{\omega} = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{B}} - \mathbf{B}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.7) $\mathbf{C}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}}) + \mathbf{D}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{C}}) + \mathbf{A}(\mathbf{C}\dot{\mathbf{D}}) + \mathbf{B}\dot{\omega} = 0,$

$\mathbf{D}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{C}} - \mathbf{C}\frac{\partial\mathcal{L}}{\partial\mathbf{D}} = 0$ » (I.8) $\mathbf{D}(\mathbf{A}\dot{\mathbf{B}}) + \mathbf{A}(\mathbf{B}\dot{\mathbf{D}}) + \mathbf{B}(\mathbf{D}\dot{\mathbf{A}}) - \mathbf{C}\dot{\omega} = 0.$

Conservation du courant. — L'équation (I.1) exprime la conservation du courant; **A** est le vecteur unitaire colinéaire au courant et ρ la densité propre.

Conservation de l'impulsion-énergie. — On vérifie facilement que l'on peut permuter circulairement les indices de l'expression $\sum_{ABCD}(\partial L/(\partial A_{m;k})A_p)$, il en résulte que le tenseur impulsion-énergie est conservatif.

Existence du spin. — On sait que l'existence du spin est liée à une asymétrie du tenseur impulsion-énergie et que si $[\underset{\vee}{T}]$ est la partie antisymétrique de ce tenseur, la densité de spin **s** est telle que

$$2[\underset{\vee}{T}]+\overline{\operatorname{rot}\mathbf{s}}=0. \tag{1}$$

L'équation (I.5) montre que $\mathcal{L}$ est nul, on a donc

$$T_{ij}=-\frac{\hbar}{2}\rho\{A_i(\mathbf{B\dot{C}})_j+B_i(\mathbf{C\dot{A}})_j+C_i(\mathbf{A\dot{B}})_j+D_i\omega_{,j}\},$$

$$2[\underset{\vee}{T}]=-\frac{\hbar}{2}\rho\{[\mathbf{A}(\mathbf{B\dot{C}})]-[\mathbf{B}(\mathbf{C\dot{A}})]+[\mathbf{C}(\mathbf{A\dot{B}})]+[\mathbf{D}\dot{\omega}]\}.$$

L'équation tensorielle (I) s'écrit

$$\begin{aligned}\rho\{[\mathbf{A}(\mathbf{B\dot{C}})]+[\mathbf{B}(\mathbf{C\dot{A}})]+[\mathbf{C}(\mathbf{A\dot{B}})]+[\mathbf{D}\dot{\omega}]+[\mathbf{AB}_{,m}]C^m-[\mathbf{AC}_{,m}]B^m\\+[\mathbf{BC}_{,m}]A^m+[\mathbf{A}_{,m}\mathbf{B}]C^m+[\mathbf{CA}_{,m}]B^m-[\mathbf{CB}_{,m}]A^m\}\\+(\operatorname{div}\rho\mathbf{A})[\mathbf{BC}]-(\operatorname{div}\rho\mathbf{B})[\mathbf{AC}]+(\operatorname{div}\rho\mathbf{C})[\mathbf{AB}]=0\end{aligned}$$

c'est-à-dire

$$2[\underset{\vee}{T}]-\operatorname{div}\frac{\hbar}{2}\rho[\mathbf{ABC}]=0,$$

Mais dans le tétrapode on a

$$\rho[\mathbf{ABC}]=\varepsilon\rho\overline{\mathbf{D}},\qquad \operatorname{div}\rho[\mathbf{ABC}]=\varepsilon\overline{\operatorname{rot}\rho\mathbf{D}},\qquad \text{en posant}\quad [\overline{\mathbf{ABCD}}]=\varepsilon=\pm 1,$$

ce qui permet d'écrire

$$2[\underset{\vee}{T}]-\varepsilon\overline{\operatorname{rot}\frac{\hbar}{2}\rho\mathbf{D}}=0. \tag{2}$$

En comparant (1) et (2) on voit que la densité de spin et $-\varepsilon(\hbar/2)\rho\mathbf{D}$; c'est un vecteur d'espace orthogonal au courant et de même module ρ au facteur $\hbar/2$ près.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. Aymard, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 885.

PHYSIQUE THÉORIQUE. — *Introduction possible à une Mécanique statistique du point aléatoire relativiste.* Note (*) de M. **Philippe Leruste**, présentée par M. Louis de Broglie.

Nous nous plaçons ici uniquement dans le cas d'*un seul point* matériel aléatoire, afin de n'introduire qu'un seul temps propre.

La Mécanique statistique classique utilise dans ce cas un espace des phases à 6 dimensions : 3 pour déterminer la position du point, 3 pour déterminer son impulsion.

En Relativité, où l'on utilise un espace-temps à 4 dimensions pour la position et le temps, l'impulsion-énergie d'un point est un quadrivecteur. Il semble donc logique d'utiliser un espace des phases à 8 composantes :

4 composantes d'espace-temps $x_0 = ct$, x_1, x_2, x_3;

4 composantes d'impulsion-énergie p_0, p_1, p_2, p_3.

Dans cet espace 2 trajectoires ne peuvent avoir de point commun sans être confondues, ceci en admettant que position et impulsion d'un point suffisent à déterminer sa trajectoire.

Il existe entre les p_μ la relation (μ variant de 0 à 3)

$$p_\mu p^\mu = p_0^2 - p_1^2 - p_2^2 - p_3^2 = m_0^2 c^2. \tag{1}$$

Cette relation impose que les trajectoires possibles d'un point matériel de masse au repos m_0 s'inscrivent sur la surface (à 7 dimensions) définie par (1). Toutefois, en toute généralité, il n'est pas nécessaire de supposer la masse m_0 connue, et l'on peut, dans cette représentation, étudier dans le même espace les trajectoires correspondant à des points de masses différentes (masse aléatoire). On pourrait même représenter les trajectoires de points pour lesquelles la quantité $p_\mu p^\mu$ ne soit pas constante au cours du mouvement, ce qui corresdrait à une masse au repos variable [par exemple masse de de Broglie de l'interprétation causale de la Mécanique ondulatoire ([1])].

Théorème de Liouville. — En mécanique classique, lorsque les équations du mouvement peuvent être tirées d'une fonction d'Hamilton, on montre, c'est là le théorème de Liouville, qu'un volume quelconque de l'espace des phases (à 6 dimensions) se conserve au cours du temps.

Ici le temps étant une coordonnée de l'espace, le théorème correspondant ne saurait concerner un 8-volume de l'espace des phases. Nous allons montrer qu'ici le flux d'un certain vecteur se conserve.

Un vecteur tangent à la trajectoire est défini par

$$dx_0,\quad dx_1,\quad dx_2,\quad dx_3,\quad dp_0,\quad dp_1,\quad dp_2,\quad dp_3.$$

Introduisons l'intervalle infinitésimal de temps propre $d\tau$ défini par

$$d\tau^2 = dx_\mu dx^\mu = dx_0^2 - dx_1^2 - dx_2^2 - dx_3^2. \tag{2}$$

Définissons un vecteur U_ρ par (ρ variant de 0 à 7) :

$$U_0 = \frac{dx_0}{d\tau},\qquad U_1 = \frac{dx_1}{d\tau},\qquad \ldots,\qquad U_4 = \frac{dp_0}{d\tau},\qquad \ldots,\qquad U_7 = \frac{dp_3}{d\tau}. \tag{3}$$

Les quatre premières composantes du vecteur U_ρ sont les composantes du vecteur vitesse unitaire tangent à la trajectoire d'espace-temps.

Évaluons la quantité

$$\partial^\rho U_\rho = \frac{\partial}{\partial x_\mu}\frac{dx_\mu}{d\tau} + \frac{\partial}{\partial p_\mu}\frac{dp_\mu}{d\tau}.$$

Les équations d'Hamilton peuvent s'écrire, H étant la fonction d'Hamilton relative au temps propre :

$$(4)\qquad \left\{\begin{aligned} \frac{dx_\mu}{d\tau} &= \frac{\partial H}{\partial p_\mu},\\ \frac{\partial p_\mu}{d\tau} &= -\frac{\partial H}{\partial x_\mu}.\end{aligned}\right.$$

Portons dans l'expression de $\partial_\rho U^\rho$:

$$\partial_o U^\rho = \frac{\partial}{\partial x_\mu}\frac{\partial H}{\partial p_\mu} + \frac{\partial}{\partial p_\mu}\left(-\frac{\partial H}{\partial x_\mu}\right),$$

$$(5)\qquad \partial_\rho U^\rho = 0.$$

Cette relation (5) indique que le *vecteur* U_ρ *est conservatif.*

Pour préciser l'analogie avec la Mécanique classique, considérons un tube de courant que nous limiterons par deux surfaces σ et σ' (à sept dimensions) du genre espace, analogues aux surfaces utilisées par Schwinger [2] et soit Σ et Σ' les portions de ces surfaces intérieures au tube de courant :

— le flux de U_ρ à travers la paroi du tube est nul (U_ρ est tangent à cette paroi);

— le flux de U_ρ est conservatif, donc *le flux de ce vecteur à travers* Σ *est égal au flux de ce même vecteur à travers* Σ'.

Ceci est l'analogue du théorème classique, les surfaces σ et σ' généralisant la notion de deux temps différents t et t'.

Équation de Liouville. — Supposons que chaque trajectoire soit pondérée par une densité D constante le long de chaque trajectoire comme en Mécanique classique.

Nous poserons alors

$$j_\rho = D u_\rho.$$

On a

$$(6)\qquad \partial_\rho j^\rho = u^\rho . \partial_\rho D + D\,\partial^\rho U_\rho.$$

Le premier terme est nul, D étant constant le long de chaque trajectoire, le second terme est nul selon (5), d'où

$$(7)\qquad \partial^\rho j_\rho = 0.$$

Le vecteur j_ρ est donc apte à représenter un vecteur-densité de probabilité dans l'espace des phases [3], l'équation de Liouville correspondante étant justement l'équation (7). Compte tenu de (5) cette équation peut encore s'écrire (i variant de 1 à 3)

$$(8)\qquad \frac{\partial D}{\partial t} + \frac{dx_i}{dt}\frac{\partial D}{\partial x_i} + \frac{dp_0}{dt}\frac{\partial D}{\partial p_0} + \frac{dp_i}{dt}\frac{\partial D}{\partial p_i} = 0.$$

Supposons qu'il existe une relation indépendante des x_μ entre les p_μ, telle par exemple que la relation habituelle (1). On peut alors éliminer p_0 de l'équation (8) en posant

$$\bar{D}(x_0, x_1, x_2, x_3; p_1, p_2, p_3) = D[x_0, x_1, x_2, x_3; p_0(p_1, p_2, p_3), p_1, p_2, p_3].$$

Par un calcul simple on obtient alors

$$\frac{\partial \bar{D}}{\partial t} + \frac{dx_i}{dt}\frac{\partial \bar{D}}{\partial x_i} + \frac{dp_i}{dt}\frac{\partial \bar{D}}{\partial p_i} = 0. \tag{9}$$

Pour passer à l'approximation newtonienne, il suffit alors de poser

$$\frac{dx_i}{dt} = \frac{p_i}{m}$$

et l'on trouve l'équation de Liouville de la mécanique classique dans l'espace des (x_i, p_i).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) L. de Broglie, *La Physique quantique restera-t-elle indéterministe*, Paris, 1953, p. 45.

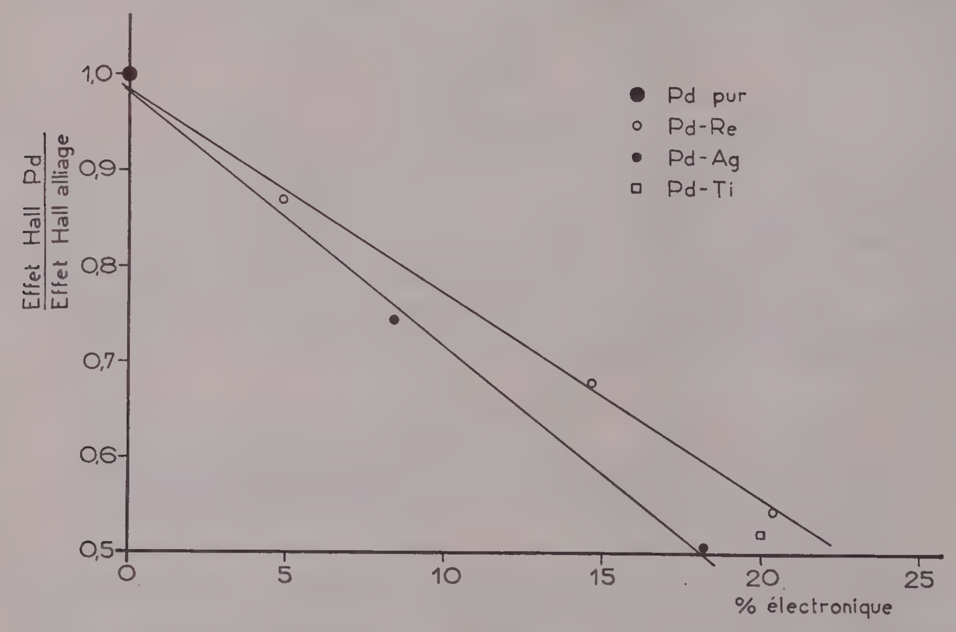
(2) J. Schwinger, *Phys. Rev.*, 74, 1948, p. 1439.

(3) P. Leruste, *Comptes rendus*, 243, 1956, p. 1021.

MAGNÉTISME. — *Mesure de l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques*. Note de M. **Joseph Cohen**, transmise par M. Gabriel Foëx.

Au cours d'une étude systématique des moments et des interactions dans des solutions solides métalliques j'ai été amené à mesurer à 5 % près l'effet Hall sur des alliages palladium-métaux diamagnétiques. On a constaté par des mesures thermomagnétiques que l'adjonction de métaux diamagnétiques et donneurs d'électrons *s* comme l'argent, le cuivre, l'aluminium, au palladium fait décroître le nombre de porteurs mesuré par la constante de Curie. Le palladium atomique possède dix électrons périphériques. Diverses expériences et mesures magnétiques montrent que le palladium métallique possède 0,6 trous *d* et par suite 0,6 électrons *s* par atome. La constante de Curie moléculaire d'alliages Pd-Cu, Pd-Al, ... décroît linéairement et tend vers zéro pour 60 % d'électrons *s* introduits. On en déduit que la substitution d'un atome de palladium par un atome donneur d'électrons doit laisser inchangé le nombre d'électrons *s*. C'est pour vérifier cette constance du nombre d'électrons libres que j'ai mesuré l'effet Hall d'alliages palladium-métaux diamagnétiques dans la région *paramagnétique*.

Dispositif expérimental. — Les alliages ont été préparés par fusion directe à l'aide d'un four à haute fréquence sous vide à partir de métaux purs. Après recuit, ils ont été laminés en bandes de 25 mm de large et de 50 μ d'épaisseur environ. L'épaisseur a été déterminée par pesée et mesure de la surface. De longues oreilles latérales ont été ménagées au milieu des côtés afin que les connections de mesure soient en dehors du champ magnétique. Un champ intense de l'ordre de 30 000 Oe est obtenu en réduisant l'entrefer à 1 mm de largeur. Les oreilles sont connectées à un pont compensateur.



Les déviations du galvanomètre changent de sens en conservant leur valeur absolue quand on inverse le champ magnétique ou le courant. De plus la déviation est proportionnelle à l'intensité du courant qui traverse la substance à mesurer. L'appareil est étalonné à l'aide du palladium pur et du cuivre pur. Les résultats obtenus sont bien dans le rapport des effets Hall connus de ces métaux.

Les résultats obtenus sont rassemblés dans le tableau suivant :

	% at.	Effet Hall × 10^{+2}.	Inverse.	$\frac{\text{Effet Hall Pd}}{\text{Effet Hall alliage}}$.
Pd pur............	–	0,115	8,69	1
Pd–Re.............	0,7	0,132	7,57	0,870
Pd–Re.............	2,09	0,169	5,92	0,681
Pd–Re.............	2,91	0,211	4,74	0,545
Pd–Ag.............	8,4	0,154	6,49	0,746
Pd–Ag.............	18,2	0,227	4,40	0,506
Pd–Ti.............	4,94	0,221	4,52	0,520

Les Pd-Re ont été préparés à partir d'un alliage mère à 2,9 % at de rhénium. J'ai répété les mesures trois mois plus tard en utilisant un galvanomètre plus sensible. Les résultats obtenus sont identiques aux précédents.

Il résulte de la théorie que l'inverse de l'effet Hall est proportionnel au nombre apparent d'électrons *s* et ne dépend que de ce nombre $A = 1/nec$. Les mesures précédentes montrent que l'effet Hall, contrairement aux prévisions, ne reste pas constant mais décroît linéairement en fonction de la concentration électronique *s* introduite. En extrapolant la loi linéaire on trouve un effet nul vers 40 % d'électrons *s*. Les mesures de résistance des Pd-Ag montrent que la résistivité croît énormément quand on ajoute de l'argent au palladium. Elle passe par un maximum pour 40 % d'argent. Plutôt que de remettre en question la validité du calcul de l'effet Hall dans les métaux il paraît préférable d'admettre que tous les électrons *s* ne sont pas libres dans les Pd-Ag. Mais cette hypothèse suppose l'existence d'électrons *s* semi-liés et par suite nécessite l'introduction d'un couplage *s-d*. Il n'est donc pas impossible que les électrons *s* participent aux couplages magnétiques.

OPTIQUE ÉLECTRONIQUE. — *Emploi d'une lentille quadrupolaire magnétique pour réduire la « distorsion » de l'image en microscopie électronique par réflexion.* Note (*) de MM. **Charles Fert** et **Robert Saporte**, présentée par M. Gaston Dupouy.

Une lentille quadrupolaire disposée après le projecteur réalise une anamorphose et réduit la « distorsion » de l'image obtenue en microscopie électronique par réflexion, quel que soit l'angle d'observation choisi. Une théorie élémentaire rend compte des résultats expérimentaux et permet le calcul des données nécessaires pour la construction de cette lentille.

Dans une précédente communication [1], nous avons proposé de réduire le rapport $M_1/M_2 = 1/\sin\theta_2$, des grandissements « *caractéristiques* », en microscopie électronique par réflexion, en introduisant, après le projecteur, une lentille électrostatique sphérocylindrique qui réalise une anamorphose.

Le même résultat peut être atteint en substituant à cette lentille électrostatique une *lentille quadrupolaire*.

L'emploi d'une lentille quadrupolaire *magnétique* (*fig.* 2) est particulièrement commode : son action est réglable d'une manière continue, sa mise en œuvre ne présente pas les difficultés de tenue à la tension d'une lentille électrostatique et ses aberrations sont faibles.

Calcul de la lentille quadrupolaire et de son action. — Le calcul de la lentille quadrupolaire peut être conduit en admettant une première approximation simple que l'expérience montre suffisante.

a. Dans un plan de front, les composantes de l'induction sont

$$B_x = Ky, \qquad B_y = Kx,$$

K étant une constante à l'intérieur du groupe quadrupolaire, d'épaisseur L.

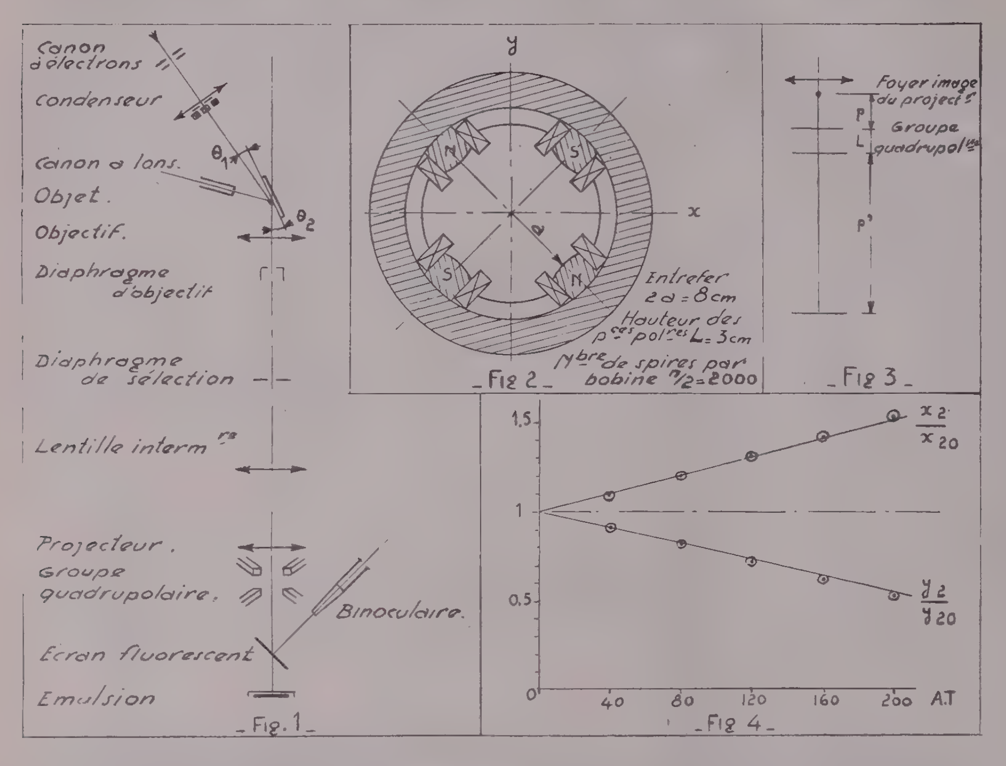


Fig. 1 _Fig 2_ _Fig 3_ _Fig 4_

b. En supposant que les expressions de B_x et B_y sont valables jusqu'au voisinage des pièces polaires et que la perméabilité du fer est très grande, le théorème d'Ampère permet le calcul de K :

$$K = 4\pi . 10^{-7} \frac{ni}{a^2} \quad (\text{AT/m}^2). \tag{2}$$

Avec ces hypothèses, l'action de la « lentille » se calcule aisément. Pour un sens convenable du courant, le grandissement est multiplié par [2].

$$\begin{cases} 1 + \beta\omega^2 L^2 & \text{dans la direction } Ox, \\ 1 - \beta\omega^2 L^2 & \text{dans la direction } Oy. \end{cases} \tag{3}$$

Dans ces expressions, on a posé (*fig.* 2 et 3) :

$$\beta = \frac{\dfrac{p+p'}{2} + \dfrac{L}{6} + \dfrac{pp'}{L}}{p + p' + L}. \tag{4}$$

$$\omega^2 L^2 = K\sqrt{\frac{e}{2m_0 V^*}}\, L^2 = 4\pi . 10^{-7} \sqrt{\frac{e}{2m_0}}\, \frac{ni}{\sqrt{V^*}}\, \frac{L^2}{a^2} \tag{5}$$

[$V^* = V(1 + 0{,}98 . 10^{-6} V)$, V, différence de potentiel accélératrice].

Résultats expérimentaux. — Pour contrôler cette théorie, nous avons formé sur l'écran l'image d'une grille ([3]). La figure 5 montre l'action de la lentille quadrupolaire à excitation croissante : la distorsion reste faible pour toutes les conditions d'emploi. On vérifie bien les expressions (3) (*fig.* 4). Les valeurs numériques du coefficient $\beta\omega^2 L^2$ coïncident avec celles qui sont calculées sur les bases de la théorie ci-dessus si l'on donne à L une valeur légèrement supérieure à Δ pour tenir compte de l'étalement du champ.

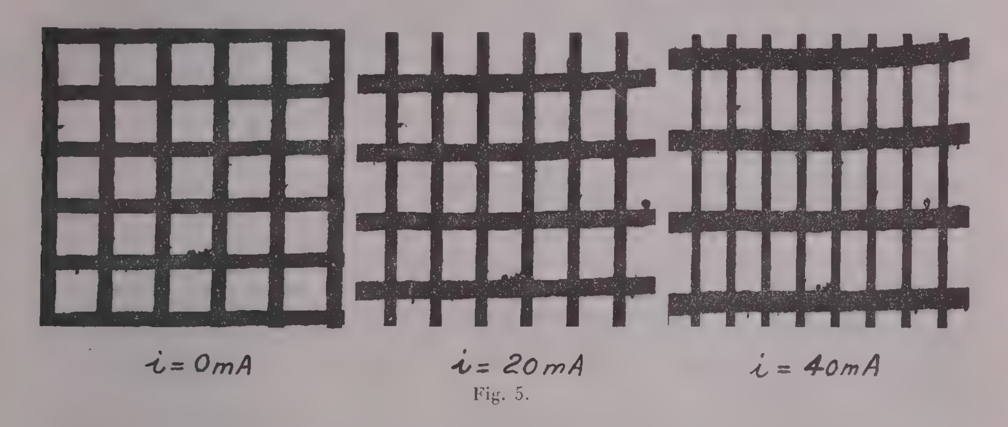


Fig. 5.

Application en microscopie électronique par réflexion. — Avec la lentille quadrupolaire, le rapport des grandissements caractéristiques, en microscopie électronique par réflexion, devient

$$\frac{M_1}{M_2} = \frac{1}{\sin\theta_2}\,\frac{1+\beta\omega^2 L^2}{1-\beta\omega^2 L^2}.$$

A titre d'exemple, la figure 6 montre l'image d'une fonte blanche perlitique,



Fig. 6.

vue sous $\theta_2 = 12°$. L'action de la lentille quadrupolaire ramène le rapport M_1/M_2 de 5 à 3 environ. Sous $\theta_2 = 12°$, l'éclairement de l'image est suffisant pour que l'exploration du spécimen soit facile. L'emploi d'un écran incliné dans le sens précisé sur la figure 1 donne une correction supplémentaire qui facilite cette observation.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) C. Fert et B. Marty, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1454.

(2) Une théorie plus complète conduit à un développement : $1 + \beta\omega^2L^2 + \gamma\omega^4L^4 \ldots$ et $1 - \beta\omega^2L^2 + \gamma\omega^4L^4 \ldots$. A cette approximation, il faudrait aussi introduire des termes d'aberration.

(3) En réalité, la grille est disposée immédiatement au-dessus du projecteur, et c'est son ombre portée qui est enregistrée sur l'émulsion sensible. Cette méthode permet une étude expérimentale complète de l'action de la lentille quadrupolaire.

SPECTROLOGIE HERTZIENNE. — *Passage du domaine hertzien à l'infrarouge et de l'infrarouge au hertzien.* Note de MM. **Paul Abadie, Robert Charbonnière, Auguste Gidel, Pierre Girard** et **André Guilbot**, présentée par M. Jacques Duclaux.

Pour des solides dont l'absorption diélectrique est imputable à des OH latéraux, on a : $f_c = A\,l^{-(H/kT)}$ (f_c fréquence critique, k, constante de Boltzmann). La valeur de l'énergie H de la liaison oxhydrile s'obtient, soit par la variation de f_c avec $1/T$, soit par le déplacement de la fréquence longitudinale de O—H dans l'infrarouge. La valeur calculée de A est alors proche de $3.10^{13}\ s^{-1}$, fréquence de rotation-torsion de O—H dans l'infrarouge.

Des substances très différentes par leurs fonctions chimiques et biologiques et par leurs masses moléculaires (amidon, cellulose, sucres, phénol) dont l'absorption diélectrique est imputable à la seule rotation dans le champ alternatif de certains oxhydriles latéraux, satisfont, comme nous l'avons montré dans des Notes antérieures (1), à la relation

$$f_c = A e^{-\frac{H}{kT}} \qquad \text{(I)}$$

k, constante de Boltzmann, f_c, fréquencc critique de la courbe d'absorption de la substance et H, énergie d'interaction des oxhydriles de molécules opposées.

On peut calculer H (en kcal. par OH) par deux voies très différentes : 1° dans le hertzien, par la variation de f_c avec $1/T$. Du coefficient angulaire de la droite $f_c = \varphi(1/T)$ variable d'un corps à l'autre, on déduit la valeur de H. Cette valeur est indépendante de T.

2° dans l'infrarouge par la relation (2) :

$$\frac{\Delta\nu}{35} = H \qquad \text{(II)}$$

où $\Delta\nu$ représente le déplacement (en cm^{-1}) de la fréquence de vibration longitudinale de la liaison O — H (vers les basses fréquences).

Voici pour quelques substances les valeurs de H calculées par les 2 voies :

TABLEAU I.

Substances.	H en kcal par OH. Hertzien.	Infrarouge.
Amidon de blé cryodéshydraté	11,5	10,6
Cellulose déshydratée	8	8,4
Maltose cryodéshydraté	9,5	9,4
Cellobiose cryodéshydraté	9,4	8,6
Saccharose fondu	11,1	9,8

Les inévitables imprécisions, qu'il s'agisse de l'une ou de l'autre méthode, ne permettent pas d'espérer une concordance beaucoup meilleure.

Les valeurs de H (valeurs approximatives) étant ainsi calculées, la relation (I) nous permet, la température étant définie, d'obtenir la valeur de A. Il est évident que pour l'homogénéité de (I), A doit avoir la signification d'une fréquence.

Voici ces valeurs pour les 2 hauts polymères cités, leurs sucres et le 3-5 dinitro-*p*-crésol (H étant déduit du Hertzien)

TABLEAU II.

Substances.	H en kcal par OH. Hertzien.	A en s^{-1}.
Amidon de blé cryodéshydraté	11,5	$4.\ 10^{14}$
Cellulose déshydratée	8	$0,34.10^{13}$
Maltose cryodéshydraté	9,5	1,52 »
Maltose fondu	9,7	1,95 »
Cellobiose cryodéshydraté	9,4	2,34 »
Saccharose fondu	11,1	$1,38.10^{14}$
3.5 dinitro-*p*-crésol	10	1,30 » [3]

Dans l'amidon de blé la valeur de H est un peu forte. Il y correspondrait dans l'infrarouge une fréquence de vibration longitudinale caractéristique de O — H de 4 000 cm^{-1} au lieu de 3 700 cm^{-1}. On voit que A varie, de façon non systématique, de 10^{13} à 10^{14} s^{-1}.

Or, il est remarquable que c'est dans ces limites de fréquences que prennent place dans l'infrarouge les différentes fréquences de vibration de la liaison O — H.

En particulier pour les sucres, pour lesquels la linéarité de $\log f_c = \varphi(1/T)$ est la meilleure, la valeur de A est assez proche de 3.10^{13} s^{-1}, qui correspond à la fréquence de rotation-torsion de O — H (indépendante de H et par suite constante, ce qui l'oppose à la fréquence de vibration longitudinale).

Nous satisferons alors à la condition que A ait la signification d'une fréquence en écrivant :

$$(III) \qquad f_c = 3.10^{13}\, e^{-\frac{H}{kT}}.$$

Le tableau III donne, pour les corps étudiés, les valeurs de H calculées à partir de (III) et celles qu'on obtient directement par le déplacement de la fréquence de vibration longitudinale de O — H dans l'infrarouge.

Tableau III.

Substances.	f_c à 20°C.	H en kcal/OH. (relation III).	Infrarouge.
Amidon de blé cryodéshydraté	$2,63.10^6$	9,6	10,6
Amidon de pomme de terre déshydraté	3,16 »	9,5	9,8
Cellulose déshydratée	4,17 »	9,3	8,4
Maltose cryodéshydraté	1,59 »	9,8	9,4
Maltose fondu	1,45 »	9,9	–
Cellobiose cryodéshydraté	2,51 »	9,6	8,6
Saccharose fondu	$8,71.10^5$	10,2	9,8
Saccharose cristallisé	$4 \quad 10^8$	6,6	6,1

Les valeurs de l'énergie de la liaison O—H . . . O, ainsi calculées ne peuvent être qu'approximatives. *Mais l'évident intérêt de* (III) *est de nous faire réaliser la dépendance de deux processus extrêmement différents par la modalité des mouvements et les régions de fréquence où ils se localisent : à savoir, la rotation d'un oxhydrile dans le champ alternatif et, dans l'infrarouge, les fréquences des vibrations propres de la liaison* O—H.

(1) P. Abadie, R. Charbonnière, A. Gidel, P. Girard et A. Guilbot, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1137 et 1941 ; 242, 1956, p. 1016.
(2) Badger et Bauer, *J. Chem. Phys.*, 5, 1937, p. 949.
(3) R. J. Mea Kins, *Austr. J. Sc. Res.*, 7, 1954, p. 371.

CHIMIE PHYSIQUE. — *Concentration des isotopes du lithium par électromigration sur papier*. Note (*) de MM. **André Bonnin** et **Marius Chemla**, présentée par M. Frédéric Joliot.

Après une électrophorèse sur papier d'ions lithium sur une distance de 56 cm, le rapport isotopique $^7Li/^6Li$ varie de 7,6 en tête de la tache à 15,0 en queue. (Rapport naturel mesuré dans les mêmes conditions : 11,3.) Les courbes de répartition des deux isotopes sont construites à partir des dosages obtenus par dilution isotopique. La différence relative de mobilité en est déduite; elle est voisine de 0,004.

La concentration d'isotopes observée après migration d'ions soumis à un champ électrique dans des sels solides (1), (2), fondus (3), (4), (5), et en solution aqueuse (6), (7), est un moyen de mesurer les mobilités relatives d'ions différant seulement par leur masse. L'électrophorèse sur papier est une méthode particulièrement bien adaptée à de telles déterminations dans les

solutions aqueuses. Nous l'avons déjà appliquée à l'étude de la séparation ^{22}Na-^{24}Na (7). Par un autre procédé, Brewer et Madorsky ont examiné le cas ^{39}K-^{41}K (6).

Parmi les autres alcalins, le lithium présente un intérêt particulier car son rayon ionique cristallin est le plus petit. L'attraction électrostatique des molécules d'eau, c'est-à-dire l'hydratation apparente, est donc plus importante pour le lithium que pour les autres ions alcalins. L'absence d'isotopes radioactifs de période convenable ne permet pas d'utiliser la méthode d'électro-

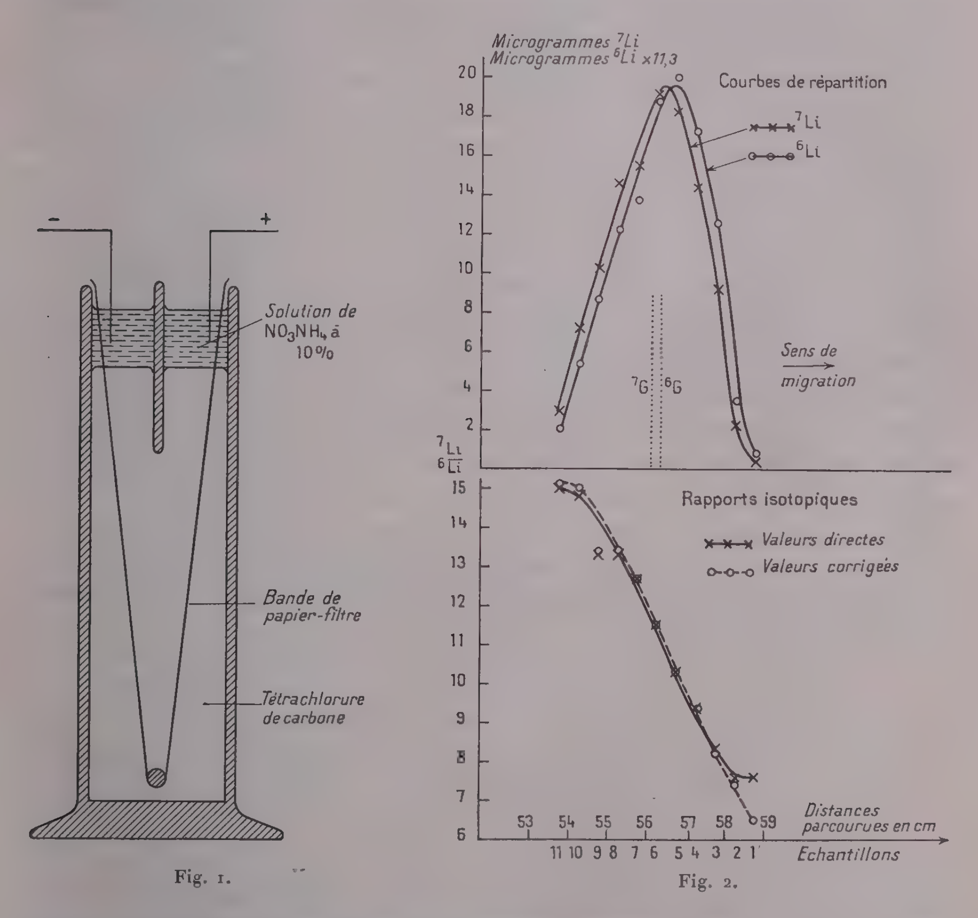


Fig. 1.

Fig. 2.

migration très rapide sur longues distances que nous avons utilisée pour le sodium (7) : les très faibles quantités de matière traitées par cette méthode sont insuffisantes pour permettre la détermination des compositions isotopiques qui doit être effectuée au spectromètre de masse. Par contre, la grande différence relative de masse, 15,4 % des deux isotopes 6 et 7, provoque un effet isotopique suffisamment important pour être mesurable après une migration sur un parcours restreint.

Une bande de papier Durieux n° 122 de 85 × 4 cm est disposée dans l'appareil représenté figure 1. Le papier est immergé dans du tétrachlorure de carbone surmonté lui-même de l'électrolyte, solution de nitrate d'ammonium à 10 %. Une différence de potentiel de 300 V est appliquée entre les compartiments anodique et cathodique, sur une longueur de papier de 75 cm. La migration est interrompue après une durée de 14 h 30 mn. Le papier séché, est alors découpé en éhantillons longs de 5 mm. Les sels contenus dans chacun de ceux-ci sont dissous par 5 cm³ d'eau distillée dans des récipients de polythène, ce qui évite l'apport d'ions alcalins que le verre serait susceptible de provoquer. La présence de lithium dans les solutions obtenues est recherchée par une détection rapide à la flamme. La zone de lithium a parcouru environ 56 cm et s'étend sur 11 échantillons. Le rapport isotopique $^7Li/^6Li$ de chacun d'eux est déterminé par spectrométrie de masse. Pour cela, 2 cm³ de solutions sont évaporés dans un récipient à fond cônique. La goutte restante est déposée sur le filament de la source d'ions du spectromètre. Les valeurs extrêmes obtenues sont $^7Li/^6Li = 7,6$ en tête de la tache, et $^7Li/^6Li = 15,0$ en queue (*fig.* 2). (Rapport naturel mesuré dans les mêmes conditions : 11,3.)

Le dosage du lithium contenu dans chaque échantillon est effectué par dilution isotopique. Pour cela, 1 cm³ d'un réactif contenant 0,4 p. p. m. de ^6Li pur est ajouté à 1 cm³ de la solution à doser. La composition isotopique du mélange est déterminée par une nouvelle mesure au spectromètre de masse. Les quantités de chaque isotope en sont déduites. Les valeurs obtenues sont corrigées pour tenir compte du lithium introduit systématiquement par le nitrate d'ammonium, le papier et l'eau distillée. Le terme correctif est évalué par un essai à blanc effectué sur un échantillon situé 15 cm en arrière de la zone de lithium. L'ensemble des résultats est porté sur le tableau I et représenté graphiquement sur la figure 2.

TABLEAU I.

Échantillons.	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$.	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$ après dilution isotopique.	Masse ^6Li (μg).	Masse ^7Li (μg).	Masse ^6Li corrigée (μg).	Masse ^7Li corrigée (μg).	Rapport $\frac{^7Li}{^6Li}$ corrigé.
1	7,6	0,28	0,076	0,57	0,06	0,39	6,5
2	7,6	1,1	0,32	2,5	0,31	2,3	7,4
3	8,3	3,0	1,13	9,4	1,12	9,2	8,2
4	9,4	4,1	1,55	14,6	1,53	14,4	9,4
5	10,3	4,85	1,78	18,4	1,77	18,2	10,3
6	11,5	5,25	1,68	19,3	1,66	19,1	11,5
7	12,7	4,85	1,24	15,7	1,22	15,5	12,7
8	13,3	4,75	1,11	14,8	1,09	14,6	13,4
9	13,3	3,75	0,79	10,5	0,77	10,3	13,4
10	14,8	2,95	0,50	7,4	0,48	7,2	15,0
11	15,0	1,38	0,20	3,0	0,19	2,9	15,1
Essai à blanc (Li naturel)	11,3	0,09	0,016	0,18	–	–	–

Le décalage des courbes de répartition de ^6Li et ^7Li est déterminé par le calcul des abscisses des centres de gravité ^6G et ^7G des aires correspondantes. La différence relative de mobilité $\Delta v/v$ en est déduite, puis le rapport $\mu = (\Delta v/v)/(\Delta m/m)$ est calculé afin de comparer les résultats obtenus avec des ions de nature différente : $^6Li^+$ et $^7Li^+$ pour cette expérience, $^{22}Na^+$ et $^{24}Na^+$ pour deux expériences précédentes. Les valeurs sont indiquées dans le tableau II.

TABLEAU II.

Ions.	Distance parcourue (mm).	Différence des abscisses des centres de gravité (mm).	Différence relative de mobilité $\frac{\Delta v}{v}$	$\mu = \frac{\frac{\Delta v}{v}}{\frac{\Delta m}{m}}$.
$^{22}Na^+ - ^{24}Na^+$	750	1,8	0,0024	0,027
	2 800 (7)	5,2	0,0019	0,021
$^6Li^+ - ^7Li^+$	560	2,1	0,0038	0,024

Pour ^6Li et ^7Li, comme pour ^{22}Na et ^{24}Na, la différence relative de mobilité en solution aqueuse est nettement inférieure à celle observée par ailleurs dans le mélange $NO_3Na—NO_3K$ fondu : 0,03 pour le lithium, 0,01 pour le sodium (4), (5). Ce résultat est généralement attribué à l'hydratation des ions dissous. Il est intéressant de remarquer ici que l'effet isotopique μ est approximativement le même pour le sodium et le lithium, alors que l'hydratation des ions lithium apparaît bien supérieure à celle des ions sodium dans les divers phénomènes physico-chimiques où elle se manifeste.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. KLEMM, *Z. Naturforsch*, **2** *a*, 1947, p. 9.
(2) M. CHEMLA et P. SUE, *Comptes rendus*, **236**, 1953, p. 2397.
(3) A. KLEMM, *Z. Naturforsch*, **8** *a*, 1953, p. 397.
(4) M. CHEMLA et A. BONNIN, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 1288.
(5) M. CHEMLA, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1450.
(6) A. K. BREWER, S. L. MADORSKY et al., *J. Research Nat. Bur. Standards*, **38**, 1947, p. 137.
(7) A. BONNIN, M. CHEMLA et P. SUE, *Comptes rendus*, **241**, 1955, p. 40.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Sur la mise en évidence d'un effet Kirkendall dans la diffusion uranium-zirconium en phase* γ. Note (*) de MM. **YVES ADDA**, **JEAN PHILIBERT** et **CLAUDE MAIRY**, présentée par M. Georges Chaudron.

Nous avons mis en évidence l'existence d'un effet Kirkendall très prononcé dans la diffusion U—Zr en phase γ (cubique centrée). Le déplacement de repères disposés à l'interface initial a été étudié en fonction de la température et de la durée de diffusion. Les coefficients de diffusion intrinsèques de U et Zr ont été déterminés par les relations de Darken.

La formation de porosités au cours de la diffusion U—Zr (*fig.* 1) nous avait

suggéré l'existence d'un effet Kirkendall ([1]), ([2]) aux températures où ces deux métaux sont miscibles en toutes proportions et forment une phase cubique centrée. Ce phénomène peut être mis en évidence ([3]) en disposant une mince

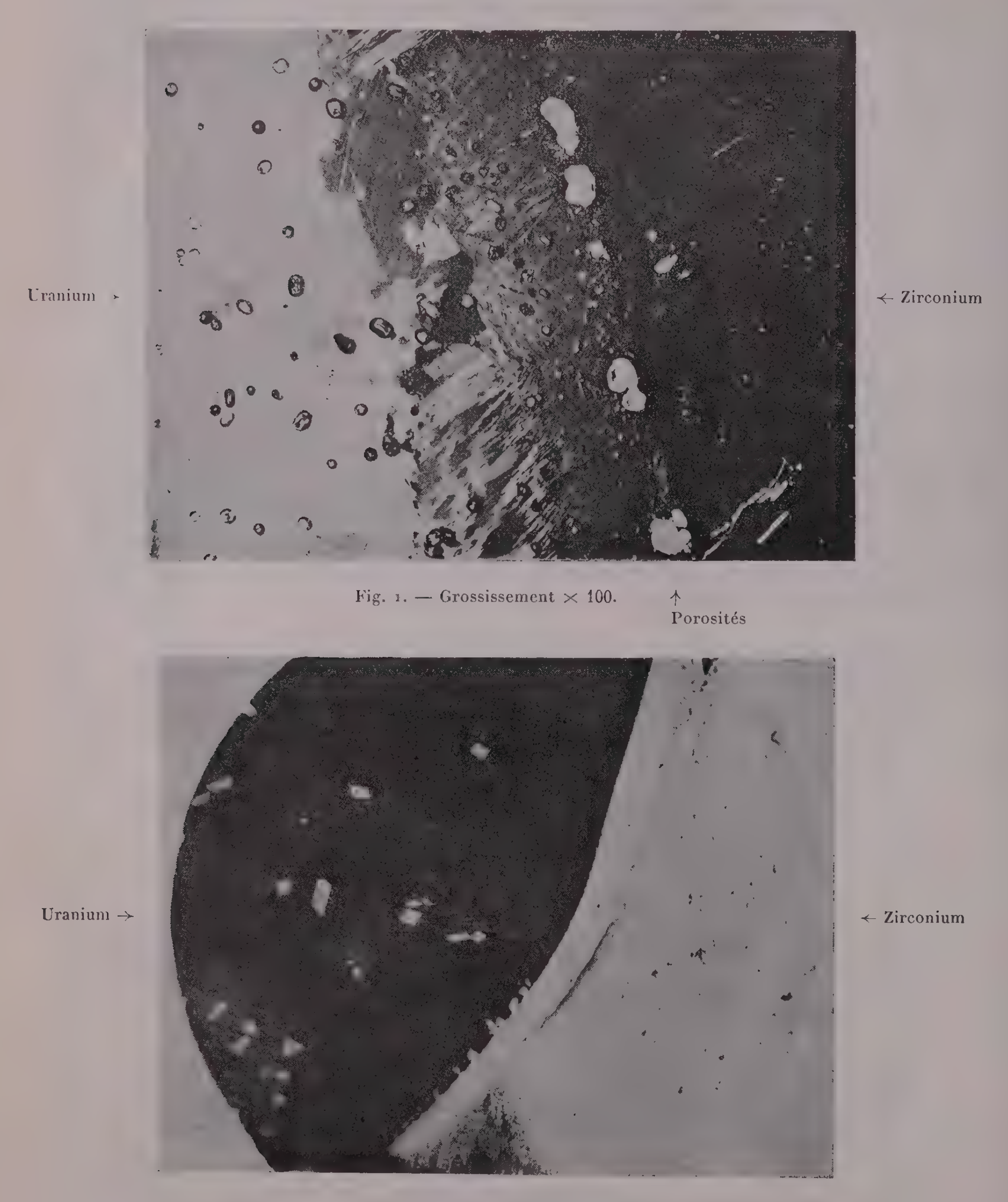


Fig. 1. — Grossissement × 100.

Fig. 2. — Grossissement × 250.

feuille de tungstène (de 10 à 20 μ) entre les deux plaquettes d'uranium et de zirconium ; les extrémités libres de cette feuille jouent le rôle de repères inertes et se déplacent vers le métal qui diffuse le plus rapidement, d'où la courbure observée micrographiquement (*fig.* 2).

La mesure du déplacement de l'interface exige de repérer les positions de cet interface avant et après diffusion : la première est matérialisée par une mince feuille de tungstène ou une légère couche d'oxyde formée par oxydation localisée de l'uranium avant soudure [4] ; la seconde est repérée grâce à quelques particules d'oxyde où par des fils de tungstène (diamètre de quelques microns).

Après les traitements de diffusion (températures comprises entre 950 et 1075°C, pression inférieure à 10^{-5} mm Hg), les échantillons sont sectionnés perpendiculairement au front de diffusion et polis à la poudre de diamant. Les déplacements x_i de l'interface sont mesurés au microscope à quelques microns près ; ils varient proportionnellement à la racine carrée de la durée de diffusion t (*fig.* 3).

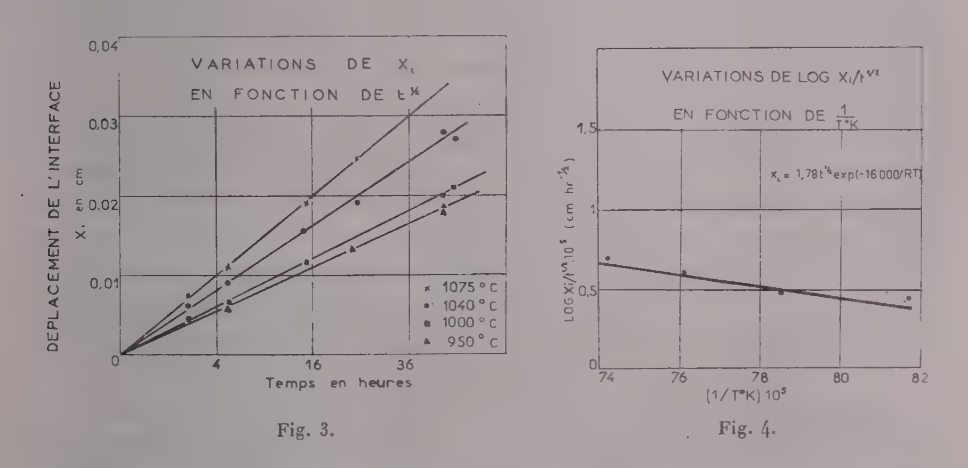


Fig. 3.

Fig. 4.

En désignant par T la température de diffusion exprimée en degrés Kelvin, on observe (*fig.* 4) que $\log(x_i/t^{1/2})$ varie linéairement avec $1/T$; on peut donc exprimer le déplacement x_i sous la forme :

$$x_i = 1,78\, t^{\frac{1}{2}} \exp\left(-\frac{16\,000}{RT}\right). \tag{1}$$

Cette équation permet de déterminer la vitesse de déplacement de l'interface

$$V = \frac{x_i}{2t}.$$

Connaissant d'autre part le coefficient de diffusion chimique $\tilde{D}$ et les concentrations molaires N_U et N_{Zr} correspondant à la position de l'interface au temps

l (4), on peut calculer les coefficients intrinsèques D_U et D_{Zr} au moyen des relations de L. S. Darken (5) :

$$\tilde{D} = N_U D_{Zr} + N_{Zr} D_U, \tag{2}$$

$$V = (D_U - D_{Zr}) \left(\frac{dN}{dx}\right). \tag{3}$$

Les résultats de ce calcul sont donnés dans le tableau ci-dessous et représentés par la figure 5.

Température (°C).	950.	1000.	1040.	1075.
N_U	0,875	0,885	0,89	0,905
N_{Zr}	0,125	0,115	0,11	0,095
D_U	$7.7.10^{-[illegible]}$	$1.6.10^{-[illegible]}$	$2.1.10^{-[illegible]}$	$3.7.10^{-[illegible]}$
D_{Zr}	$6.5.10^{-[illegible]}$	$1.0.10^{-[illegible]}$	$2.3.10^{-[illegible]}$	$2.9.10^{-[illegible]}$

On voit que la concentration molaire à l'interface varie légèrement avec la température. On ne peut donc pas calculer rigoureusement les énergies d'activation pour la diffusion de l'uranium et du zirconium. En prenant pour $\tilde{D}$, des valeurs correspondant à une concentration moyenne $N_U = 0.89$, on constate que ces énergies d'activation sont du même ordre de grandeur et comprises entre 35 et 40 kcal/mole.

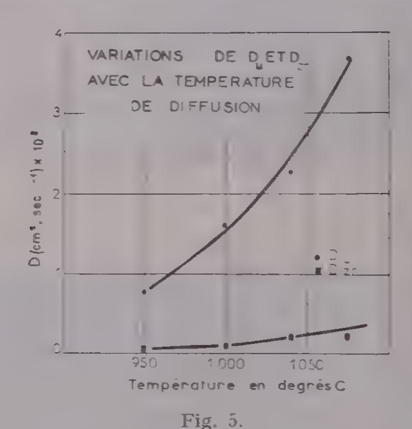


Fig. 5.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) A. D. Smigelskas et E. O. Kirkendall, *Trans. A. I. M. E.*, **171**, 1947, p. 130.

(2) F. Seitz, *Acta Met.*, **1**, 1953, p. 355.

(3) L. C. Correa Da Silva et R. F. Mehl, *Trans. A. I. M. E.*, **191**, 1951, p. 155.

(4) Y. Adda et J. Philibert, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 3081.

(5) *Trans. A. I. M. E.*, **175**, 1948, p. 184.

MÉTALLOGRAPHIE. — *Diffusion anormale des rayons X au cours de la précipitation dans un alliage à base de nickel contenant 7 % de silicium.* Note (*) de M. **Jack Manenc**, transmise par M. Pierre Chevenard.

Un alliage de nickel à 7 % de silicium montre, au début de la précipitation, de la diffusion anormale des rayons X. Ce stade de préprécipitation est comparable à celui déjà trouvé pour d'autres alliages à base de nickel et en particulier pour le nickel-chrome 80/20 durci avec de l'aluminium et du titane.

Nous avons donné précédemment les résultats de nos études sur l'évolution structurale d'alliages de nickel durcis avec de l'aluminium et du titane [1]. Nous avions trouvé pour l'alliage industriel Ni-Cr 80/20 une diffusion anormale des rayons X sous forme de nœuds satellites analogues à ceux qui apparaissent au cours du vieillissement des alliages Cu, Fe, Ni [2], mais de forme légèrement différente. Pour l'alliage binaire Ni-Al 7 %, au contraire, la forme en plaquettes des précipités, l'existence et la position des nœuds satellites auprès des taches de Bragg, ont indiqué une évolution semblable à ce dernier alliage. De plus la structure intermédiaire est aussi quadratique tant pour la phase qui précipite que pour la matrice en cours d'appauvrissement. Pour généraliser ces résultats, nous avons cherché à mettre en évidence le même phénomène dans un alliage binaire nickel — 7 % de silicium. Pour un tel alliage l'état d'équilibre au-dessous de 950° est caractérisé par la présence de deux phases cubiques à faces centrées, l'une la matrice solution solide de silicium dans le nickel, l'autre le composé défini Ni_3Si ordonné à toute température inférieure à 1040° C.

Les paramètres sont peu différents et respectivement égaux à $a_0 = 3,51$ kX et à $a = 3,50$ kX.

Nos échantillons ont été élaborés par fusion sous vide puis, après traitement d'homogénéisation par laminage et recuit prolongé, trempés à l'eau à partir de 1080°. Les diagrammes de rayons X, Debye-Scherrer et cristal tournant ne décèlent alors aucune précipitation. Nous avons procédé à des revenus isothermes à 550, 650, 750 et 850° C.

A 550°, dès 20 h apparaissent sur les diagrammes de Debye-Scherrer des raies satellites de part et d'autre de la matrice. De même à 650° dès une demi-heure ; la figure 1 montre les taches de Bragg (200) et (111) pour un maintien d'une heure à 650°. Les premières sont bordées d'une paire de nœuds satellites dont la direction est celle du centre et les dimensions supérieures à celle de la tache centrale.

Par contre, les taches (111) sont bordées de deux taches de diffusion de taille un peu différente l'une de l'autre et en forme de secteur circulaire. La diffusion est nulle sur un plan passant par le nœud de la matrice et perpendiculaire à la direction du centre du réseau réciproque.

Lorsque le vieillissement est poursuivi, par exemple 5 h à 650° les satellites se rapprochent du nœud et s'intensifient comme pour les autres alliages par suite du grossissement des domaines. On remarque pour certains cristaux un renforcement local sur les secteurs de diffusion des taches (111) au voisinage des axes [100].

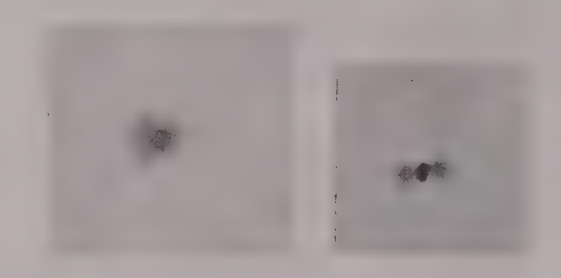


Fig. 1. — *a*. Tache de Bragg (111) cristal oscillant (× 4); *b*. (200) (× 4). Rayonnement du cuivre. Distance échantillon-film 18 cm.

Pour des durées très longues à 650° ou à plus haute température les taches de diffraction normale des phases sont visibles mais avec pour la matrice une structure très légèrement quadratique, semble-t-il.

Pour 65 h à 850° la séparation des phases est très nette et l'examen microscopique possible.

La figure 2 montre l'aspect des précipités pour un tel vieillissement. Les

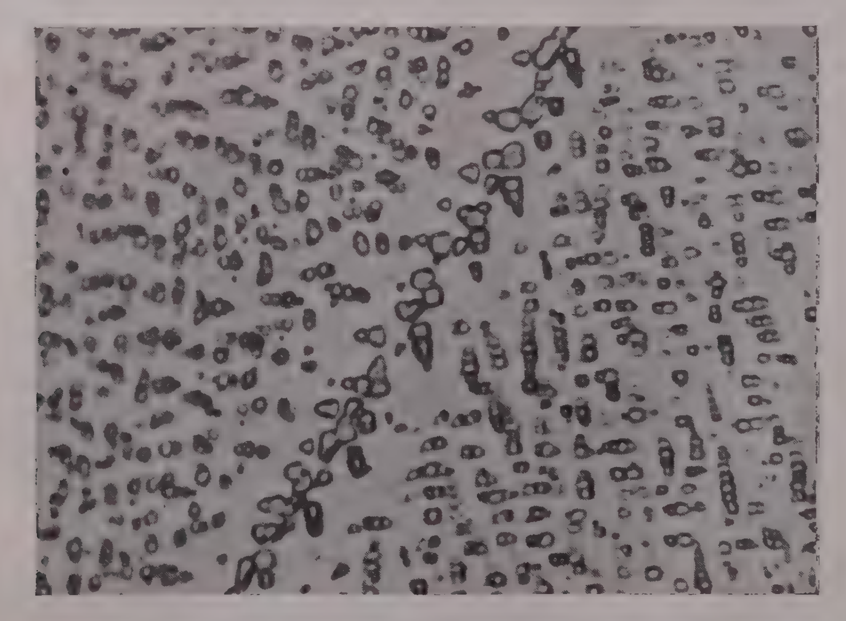


Fig. 2. — Aspect micrographique de la précipitation après vieillissement de 65 h à 850° C. (× 3000).

micrographies sont dues à M[me] Ch. Buckle. On retrouve l'aspect micrographique du Ni-Cr 80/20 durci avec de l'aluminium et du titane. Les précipités ont une forme qui paraît cubique. On note aussi la réunion des précipités en chapelets suivant les directions [100]. La forme en plaquette donnerait un aspect différent.

Ces résultats expérimentaux appellent plusieurs remarques :

La similitude des manifestations, de la précipitation entre l'alliage 80/20 et celui-ci, est frappante. La diffusion anormale qui caractérise le début de précipitation dans les deux alliages a le même aspect. Les micrographies sont très ressemblantes lorsque les précipités sont visibles.

La dissymétrie de la diffusion par rapport à la tache centrale (111) déjà signalée pour le Ni-Cr 80/20 se retrouve, mais est dans le sens inverse du fait des dimensions relatives des paramètres : la diffusion est plus ramassée du côté des grands angles de Bragg.

Il faut rapprocher aussi ces résultats des calculs de K. Huang (3) et W. Cochran (4) qui ont montré que pour un atome de grande taille inséré dans une matrice composée d'atomes plus petits, la diffusion devrait être nulle sur le plan normal à la direction du centre et passant par le nœud. Dans le cas des alliages étudiés, nous aurions un phénomène intermédiaire et l'intensification locale de la diffusion pourrait être attribuée à la forme et peut-être à ces chapelets visibles sur les micrographies.

Enfin le précipité entouré de la zone appauvrie en silicium donne une diffusion qui se rapproche d'autant plus des taches de Bragg que l'ensemble est plus volumineux. Dans le cas du Ni-Si 7 % la cohérence avec le réseau de la matrice se maintient plus longtemps que pour les autres alliages, parce que les deux réseaux orientés de la même façon ont une très faible différence de paramètre.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) J. Manenc, *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 1817; **240**, 1955, p. 2413; **242**, 1956, p. 2344.

(2) *Proc. Roy. Soc.*, A **181**, 1943, p. 368.

(3) *Proc. Roy. Soc.*, A **190**, 1947, p. 102.

(4) *Acta Cryst.*, **9**, part. 3, 1956, p. 259.

CHIMIE ORGANIQUE. — *La (naphto-α, β)-2.3 tropone.* Note (*) de MM. **Sylvestre Julia, Yannik Bonnet** et **Wilfried Schaeppi**, présentée par M. Marcel Delépine.

La présente Note expose la préparation de la (naphto-α, β)-2.3 tropone (VI*a*) en six étapes à partir du cétoester (I) récemment obtenu par des auteurs indiens (1). Les méthodes employées sont les mêmes que celles publiées dans deux Notes antérieures (2).

Le cétoester (I), λ_m 254 mμ (4,73) et 286 mμ (4,06) [3], cétalisé par l'orthoformiate d'éthyle puis réduit par $LiAlH_4$ donne après hydrolyse acide le cétol (II), F 131° ($C_{15}H_{14}O_2$, trouvé %, C 79,2; H 6,5), λ_m 254 mμ (4,76) et 286 mμ (4,06) dont la courbe d'absorption à l'ultraviolet se confond presque avec celle du cétoester initial. Les principaux maxima sont les mêmes que ceux déjà observés au sujet du céto-1 tétrahydro-1.2.3.4 phénanthrène [4]. Le cétoester (I) est réduit par $LiAlH_4$ en diol correspondant

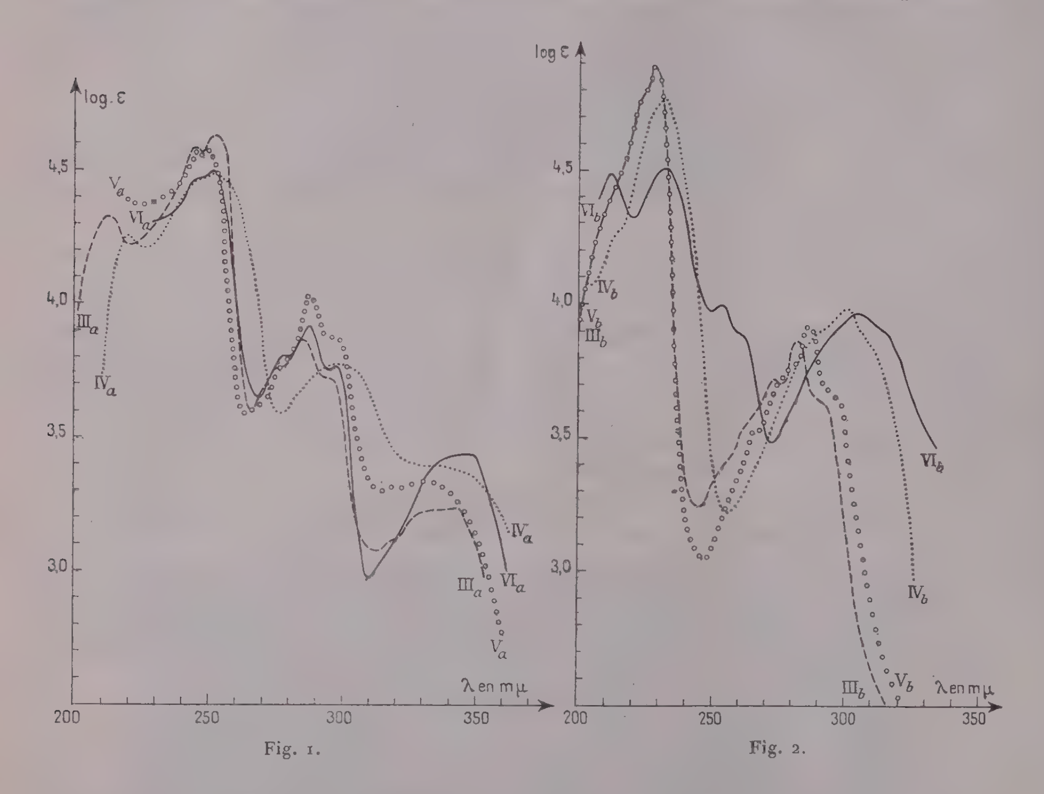


Fig. 1. Fig. 2.

$C_{15}H_{16}O_2$ (trouvé %, C 79,6; H 7,3), F 160° lequel est sélectivement oxydé par MnO_2 en un cétol (II) identique à celui obtenu plus haut. Le cétotosylate correspondant $C_{22}H_{20}O_4S$ (trouvé %, C 69,3; H 5,5) F 145° est cyclisé par le méthylate de sodium en naphtobicyclo-(0.1.4) hepténone (III*a*) $C_{15}H_{12}O$ (trouvé %, C 86,2; H 5,8) F 91°, λ_m 252 mμ (4,62) et 286 mμ (3,86); oxime F 174°; semicarbazone F 222°; 2.4-DNP, rouge F 280°. La cétone (III*a*) est réduite par BKH_4 en naphtobicyclo-(0.1.4) heptenol (III*b*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,1; H 6,7) F 108°, λ_m 229 mμ (4,88) et 282 mμ (3,86). La cétone cyclopropanique (III*a*) est facilement isomérisée par le diméthylbenzylate tertiaire de sodium [5] en naphtocycloheptadienone (IV*a*) $C_{15}H_{12}O$ (trouvé %, C 86,2; H 5,8) F 70°, λ_m 252 mμ (4,48) et 298 mμ (3,77); 2.4-DNP orange F 243°. Ce réarrangement montre que la vinylogie reste

possible à travers le noyau naphtalénique pour permettre l'arrachement d'un proton en position 5 et provoquer une réaction intramoléculaire inverse de Michael.

Les deux isomérisations opérées avec succès sur les naphto- et benzo-bicyclo-(0.1.4) hepténones rendent vraisemblables les bicyclo-(0.1.4) hepténones alicycliques envisagées depuis longtemps comme intermédiaires éventuels dans le passage du bromhydrate de carvone à l'eucarvone et récemment soulignées par E. E. van Tamelen et G. T. Hildahl [6] dans une synthèse de la cycloheptadiénone. Les réarrangements en question et quelques-uns des exemples cités par ces derniers auteurs nous paraissent entrer dans le cadre général des réactions inverses de Michael avec ou sans vinylogie [7].

$CO_2C_2H_5$ (I) — CH_2OH (II) — (III *a*)

(IV *a*) — (V *a*) — (VI *a*)

(VII)

La réduction de la cétone (IV *a*) par BKH_4 conduit au naphtocycloheptadienol (IV *b*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,3; H 6,7) F 118°, λ_m 232 mμ (4,76) et 300 mμ (3,97), dont la courbe d'absorption à l'ultraviolet comparée à celle du naphtobicyclo-(0.1.4) heptenol, met en évidence un déplacement bathochromique des maxima dû à la conjugaison supplémentaire de la double liaison.

La naphtocycloheptadienone (IV*a*) est hydrogénée en présence de palladium sur carbonate de calcium en naphtocycloheptenone (V*a*) $C_{15}H_{14}O$ (trouvé %, C 85,4; H 6,8) F 62°, λ_m 246 mμ, 251 mμ (4,56) et 287 mμ (4,02); semicarbazone F 244°; 2.4-DNP orange F 235°. Cette cétone et ses dérivés sont identiques à ceux obtenus récemment à l'aide d'une autre méthode par R. Huisgen et U. Rietz ([8]). La cétone (V*a*) est réduite par BKH_4 en naphtocycloheptenol (V*b*) $C_{15}H_{16}O$ (trouvé %, C 84,6; H 7,7) F 105°, λ_m 230 mμ (4,85) et 286 mμ (3,91).

Des auteurs suisses ([9]) et hollandais ([10]) ont récemment attiré l'attention sur l'emploi avantageux de l'oxyde de sélénium dans certaines conditions pour déshydrogéner les céto-3 stéroïdes en dien-1.4 ones correspondantes. Par cette méthode, nous avons transformé la cétone (IV*a*) en (naphto-α, β)-2.3 tropone (VI*a*) (Rdt 50 %) $C_{15}H_{10}O$ (trouvé %, C 86,6; H 4,8) prismes jaune F 95°, λ_m 252 mμ (4,49) et 288 mμ (3,91); 2.4-DNP orange-rouge F 285°; picrate ocre F 112°. Cette naphtotropone est l'analogue naphtalénique de la benzo-2.3 tropone récemment obtenue selon une méthode différente par H. H. Rennhard, E. Heilbronner et A. Eschenmoser ([11]). La naphtotropone (VI*a*) donne facilement avec l'anhydride maléique un composé d'addition ayant vraisemblablement la structure (VII) $C_{19}H_{12}O_4$ (trouvé %, C 75,0; H 4,2) F 185°, λ_m 252, 256 mμ (4,56) et 294 mμ (3,88).

La cétone (VI*a*) est réduite par $LiAlH_4$ en naphtotropol, aiguilles blanches F 112°, instable et jaunissant rapidement. Malgré cela le spectre ultraviolet déterminé rapidement a montré λ_m 233 mμ (4,5) et 305 mμ (3,96).

(*) Séance du 8 octobre 1956.

([1]) J. C. Bardhan, D. Nasipuri et R. N. Adhya, *J. Chem. Soc.*, 1956, p. 355.

([2]) S. Julia, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 882; S. Julia et Y. Bonnet, *ibid.*, 242, 1956, p. 2725.

([3]) Tous les spectres ultraviolets ont été déterminés en solution dans l'alcool. Les logarithmes sont indiqués entre parenthèses.

([4]) Mme P. Ramart-Lucas et J. Hoch, *Bull. Soc. Chim.*, 1952, p. 422.

([5]) M. Julia, *Comptes rendus*, 239, 1954, p. 280.

([6]) *J. Amer. Chem. Soc.*, 78, 1956, p. 4405; 75, 1953, p. 5451.

([7]) S. A. Julia, A. Eschenmoser, H. Heusser et N. Tarkoy, *Helv. Chim. Acta*, 36, 1953, p. 1885.

([8]) R. Huisgen, *Angew. Chemie*, 67, 1955, p. 757; U. Rietz, travail de diplôme, Université de Munich, 1953. M. R. Huisgen a bien voulu nous communiquer avant publication détaillée les constantes de ces substances et nous envoyer les échantillons ayant permis de vérifier l'identité.

([9]) Ch. Meystre, H. Frey, W. Voser et A. Wettstein, *Helv. Chim. Acta*, 39, 1956, p. 734.

([10]) S. A. Szpilfogel, T. A. P. Posthumus, M. S. de Winter et D. A. van Dorp, *Rec. Trav. Chim. Pays Bas*, 75, 1956, p. 475.

([11]) *Chemistry and Industry*, 1955, p. 415.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique.* Note de MM. **Henry Gault**, **Mohamed Selim** et M[me] **Marguerite Selim-Dorgans**, présentée par M. Marcel Delépine.

L'objet de cette Note est d'exposer les premiers résultats des recherches que nous avons entreprises sur la condensation du glyoxal avec l'ester acétylacétique. Cette réaction ayant déjà donné lieu à quelques travaux, en particulier ceux de M. Polonowsky [1] et de E. West [2], nous avons été amenés à reviser et à compléter les indications mentionnées par ces auteurs.

M. Polonowsky a effectué la condensation glyoxal-ester acétylacétique en présence de chlorure de zinc et, au cours de traitements ultérieurs, a pu isoler un produit cristallisé (F 207°) auquel il a attribué la constitution suivante qui est celle de l'acide méthronique :

$$\begin{array}{l} H_3C—C \overset{O}{\frown} C—CH_2—COOH \\ HOOC—C \text{———} CH \end{array} \qquad (C_8H_8O_5)$$

(I)

E. West, opérant dans des conditions différentes, en fait en milieu légèrement alcalin (hydroxyde de sodium), a obtenu un produit solide (F non corrigé 109-110°) de formule brute $C_{14}H_{20}O_7$ qu'il a envisagé comme un ester formylméthylène-*bis*-acétylacétique :

$$\begin{array}{c} CH_3—CO—CH—COOC_2H_5 \\ | \\ H—C—CHO \\ | \\ CH_3—CO—CH—COOC_2H_5 \end{array}$$

(II)

Nous avons repris la technique de West en la modifiant sur certains points et nous décrivons ci-après le mode opératoire auquel nous nous sommes arrêtés.

On ajoute lentement à l'ester acétylacétique (2 mol) une solution aqueuse de glyoxal (1 mol) (solution à 30 % de glyoxal préalablement neutralisée par une solution aqueuse de carbonate de sodium). La température du mélange réactionnel est maintenue au-dessous de 20° et le pH légèrement supérieur à 7. On agite fréquemment pour favoriser le contact des deux couches aqueuse et huileuse. Au bout de 24 h, on observe la formation d'un précipité au sein d'une huile colorée. On essore le précipité, on le broie et le lave à l'alcool (F 121° après recristallisation dans l'alcool).

Formule brute : $C_{14}H_{20}O_7$. Rendement de transformation 40 %. Rendement par rapport à la théorie : 50 %.

Contrairement aux indications de West, nous sommes conduits à attribuer à ce composé la formule

```
                                   COOC2H5
                  O                  |
     CH3—C⁄     ⁄    ╲     CH————CH
           ‖              |        |
C2H5OOC—C————————CHOH   CO
                                   |
                                  CH3
                 (III)
```

dont nous expliquons la formation par le schéma réactionnel suivant :

```
  CH3          HO                CH3          HO                 COOC2H5
   |             \               |             \                  |
HO—C        HO   CH         HO   |   OH         CH                CH
   ‖     +    \  |  \    →     \ C /            |  \     puis, +  ‖
  CH           CH    OH         |               |   OH           C—OH
   |            |              CH————————————CH                   |
 COOC2H5       OH               |               |                CH3
                              COOC2H5          OH

     CH3                          COOC2H5                                  COOC2H5
      |  OH    HO                  |                    O                  |
  HO—C /         \ CH————————CH               CH3—C⁄    ╲  CH————CH
→     |              |            |         →          ‖           |       |
     HC——————————CH    HO—C—OH         C2H5OOC—C——————CHOH  CO
      |              |            |                                        |
    COOC2H3        OH          CH3                                     CH3
```

On conçoit que Polonowsky qui effectuait la condensation glyoxal ester acétylacétique en présence de chlorure de zinc, n'ait pas obtenu ce produit intermédiaire de condensation mais en fait, au stade final, l'acide méthronique (I). La structure furannique du composé (III) a été confirmée par spectrographie infrarouge.

Nous poursuivons l'étude chimique de ce composé.

(1) *Ann.*, **246**, 1888, p. 1.
(2) *J. Am. Chem. Soc.*, **47**, II, 1925, p. 2780.

CHIMIE ORGANIQUE. — *Sur quelques iodocoumarines nouvelles.* Note de MM. **N. P. Buu-Hoï**, **T. Ba Loc** et **N. Dat Xuong**, présentée par M. Marcel Delépine.

A partir de l'aldéhyde diiodosalicylique et de l'orthovanilline iodée, on a effectué la synthèse d'une série de coumarines iodées nouvelles, portant dans leurs molécules des groupements fonctionnels variés (groupements acide, amide, ester, cétone); ces corps ont été préparés en vue d'un examen de leurs propriétés biologiques, en particulier de la possibilité de les utiliser comme opacifiants pour la radiologie.

Le noyau coumarine est intéressant en pharmacologie, non seulement par

sa présence dans la molécule de nombreux composés naturels doués d'activité biologique, mais aussi parce que la coumarine elle-même et plusieurs de ses dérivés simples (acide coumarine-3 carboxylique et amides correspondants) possèdent une action sédative et hypnotique bien connue ([1]); d'autres effets biologiques exercés par la coumarine, tels que l'action sur la croissance de certains tissus végétaux, ont également été décrits ([2]). Par contre, les propriétés des coumarines halogénées n'ont pas encore été étudiées, et en particulier, du groupe des coumarines iodées, on ne connaissait jusqu'à présent que de très rares représentants, tels que la diiodo-6.8 coumarine, que Seidel a préparée ([3]) à partir de l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique au moyen de la réaction de Perkin.

Nous avons ainsi été amenés à effectuer la synthèse d'un certain nombre de coumarines iodées nouvelles, portant dans leurs molécules divers groupements fonctionnels (radicaux acide, amide, ester, cétone), ces composés devant servir à une recherche biologique ultérieure, en particulier dans le domaine des possibilités de leur utilisation comme opacifiants pour les examens radiologiques.

Les matières premières utilisées dans nos synthèses sont, d'une part, l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique (I) et, d'autre part, *l'aldéhyde iodo*-5 *méthoxy*-3 *salicylique* (II); ce dernier corps est nouveau, et nous l'avons

I CHO OH I
(I)

I CHO OH OCH_3
(II)

préparé en faisant agir sur l'orthovanilline, de l'iode (en léger excès) en présence d'oxyde jaune de mercure, et en milieu éthanolique. L'aldéhyde (II), ainsi obtenu avec de bons rendements, cristallise du méthanol aqueux en fines aiguilles jaune pâle F 130° ($C_8H_7O_3I$, calculé %, C 34,5 et H 2,5; trouvé %, C 34,2 et H 2,4); sa *thiosemicarbazone* cristallise de l'éthanol en fines aiguilles F 273° ($C_9H_{10}O_2N_3SI$, calculé %, N 12,0; trouvé %, N 11,7).

a. La condensation de l'aldéhyde diiodo-3.5 salicylique sur le malonate d'éthyle en présence de traces de pipéridine (réaction dite de Knoevenagel) nous a fourni le *diiodo*-6.8 *coumarine*-3 *carboxylate d'éthyle* (I), avec des rendements de 95 %; ce composé cristallise d'un mélange d'éthanol et de benzène en paillettes nacrées, incolores, F 185° ($C_{12}H_8O_4I_2$, calculé %, C 30,6 et H 1,7; trouvé %, C 30,7 et H 1,7). La saponification de cet ester fournit *l'acide diiodo*-6.8 *coumarine*-3 *carboxylique* (II), cristallisant de l'acide acétique en aiguilles incolores, F 241° ($C_{10}H_4O_4I_2$, calculé %, C 26,5 et H 0,9; trouvé %, C 26,3 et H 1,1), et qui est décarboxylé, par chauffage au-dessus de son point de fusion, en diiodo-6.8 coumarine F 193°. *L'amide de l'acide*

diiodo-6.8 *coumarine*-3 *carboxylique* (III), préparée en faisant réagir un grand excès d'ammoniaque concentrée et glacée sur le chlorure d'acide (obtenu en traitant l'acide sec par $SOCl_2$), cristallise de l'éthanol en prismes incolores, brillants, F 291° ($C_{10}H_5O_3NI$, calculé %, C 27,2 et H 1,1; trouvé %, C 27,5 et H 1,2).

I, CO—R, CO, O, R'

(I) R = OC_2H_5, R' = I
(II) R = OH, R' = I
(III) R = NH_2, R' = I
(IV) R = OC_2H_5, R' = OCH_3
(V) R = OH, R' = OCH_3

I, CO—CH_3, CO, O, R

(VI) R = I
(VII) R = OCH_3

b. De façon analogue, la réaction de Knoevenagel, effectuée avec l'aldéhyde iodo-5 méthoxy-3 salicylique et le malonate d'éthyle, nous a conduit, avec des rendements quantitatifs, à *l'iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine*-3 *carboxylate d'éthyle* (IV), cristallisant de l'éthanol sous forme d'aiguilles incolores, F 190° ($C_{13}H_{11}O_5I$, calculé %, C 41,7 et H 2,9; trouvé %, C 41,5 et H 3,0); *l'acide iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine*-3 *carboxylique* (V), obtenu par saponification, cristallise de l'acide acétique en aiguilles incolores, brillantes, F 246° ($C_{11}H_7O_5I$, calculé %, C 38,2 et H 2,0; trouvé %, C 38,1 et H 2,0).

c. Dans une série de synthèses de cétones, nous avons fait réagir les aldéhydes (I) et (II) sur l'acétylacétate d'éthyle en présence de pipéridine ([4]), ce qui nous a conduit aux deux cétones suivantes : *l'acétyl*-3 *diiodo*-6,8 *coumarine* (VI), cristallisant de l'éthanol en prismes incolores, F 257° ($C_{11}H_6O_3I_2$, calculé %, C 30,0 et H 1,4; trouvé %, C 29,8 et H 1,4), et *l'acétyl*-3 *iodo*-6 *méthoxy*-8 *coumarine* (VII), cristallisant de l'éthanol en fines aiguilles incolores, F 247° ($C_{12}H_9O_4I$, calculé %, C 41,9 et H 2,6; trouvé %, C 41,6 et H 2,5), ces deux condensations se faisant avec des rendements de 80 %. Des réactions analogues, effectuées avec le benzoylacétate d'éthyle, nous ont fourni, avec des rendements encore meilleurs, la *benzoyl*-3 *diiodo*-6,8 *coumarine* (VIII),

I, —CO—, CO, O, I

(VIII)

I, —CO—, CO, O, OCH_3

(XI)

cristallisant d'un mélange d'éthanol et de benzène en fines aiguilles incolores,

F 250° ($C_{16}H_8O_3I_2$, calculé %, C 38,2 et H 1,6; trouvé %, C 38,5 et H 1,6), et la *benzoyl-3 iodo-6 méthoxy-8 coumarine* (IX), cristallisant de l'éthanol en aiguilles incolores, brillantes, F 228° ($C_{17}H_{11}O_4I$, calculé %, C 50,2 et H 2,7; trouvé %, C 50,0 et H 3,0). Signalons que toutes ces coumarines iodées sont très stables, et se caractérisent par une faculté de cristallisation remarquable.

(1) *Voir*, par exemple, F. von Werder, *Merck's Jahresbericht*, 50, 1937, p. 88.

(2) H. Veldstra et E. Havinga, *Rec. trav. chim. Pays-Bas*, 62, 1943, p. 841; R. Kuhn et *al.*, Naturwissenschaften, 31, 1943, p. 468.

(3) *J. prakt Chem.*, 59, 1899, p. 122.

(4) *Cf.* E. Knoevenagel, *Ber.*, 31, 1898, p. 732.

GÉOLOGIE. — *Les minéraux argileux des sédiments oligomiocènes du bassin molassique suisse.* Note de M. **Jean-Pierre Vernet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

L'étude radiocristallographique des sédiments argileux oligomiocènes du plateau molassique suisse montre une très grande homogénéité des minéraux argileux. La prédominance des apports détritiques sur la néogénèse est particulièrement mise en évidence. L'apparition de la montmorillonite au début du Chattien serait liée à un changement climatique ou à un phénomène géologique important.

Les sédiments oligomiocènes du bassin périalpin suisse sont caractérisés par une très grande variété et complexité des minéraux argileux les composant, et par une homogénéité de ceux-ci dans leurs proportions et leur nature. Aussi la possibilité d'établissement de critères stratigraphiques basés sur eux apparaît comme parfaitement illusoire pour les étages chattien et aquitanien. L'inventaire de ces minéraux argileux est le suivant : argile micacée (apparemment muscovite, parfois illite), kaolinite, montmorillonite, chlorite ferrifère, chlorite, hydrobiotite, kaolinite *sensu stricto*, vermiculite et chlorite gonflante. Les minéraux argileux prédominants sont l'argile micacée et la montmorillonite, quoique cette dernière soit en proportions très variables. Puis viennent la kaolinite et la chlorite, chlorite ferrifère dans la majorité des cas. Les autres minéraux sont des minéraux accessoires qui ne se rencontrent qu'en traces. Donc le schéma de chaque argile est le suivant : les minéraux principaux, toujours présents en plus ou moins fortes proportions, et un ou deux minéraux accessoires en traces.

Si la faune est relativement rare dans ces séries, un certain nombre d'horizons ont livré des mollusques, la plupart du temps accompagnés d'une microfaune d'ostracodes; ainsi, l'appartenance, soit au milieu lacustre, soit au milieu marin ou saumâtre de sédimentation a pu être

établie avec une grande certitude. Or l'étude d'échantillons venant des deux milieux a montré une composition analogue en minéraux argileux. Les seules différences apparues se rapportent à la présence ou l'absence de certains minéraux accessoires et dans les proportions relatives des divers minéraux principaux. Celles-ci sont très faibles et varient avec chaque échantillon; elles sont du même ordre que celles existant entre sédiments d'un même milieu. Il apparaît donc avec certitude que dans cette sédimentation synorogénique, le facteur détritique est nettement dominant. Il est évidemment possible d'admettre que cette sédimentation fut trop rapide pour que l'action du milieu permette une néogénèse des minéraux argileux. Dans ce cas particulier de bassin de faible étendue, bien délimité, au comblement rapide par les apports détritiques d'origine alpine, bassin que la subsidence continue [1] maintenait au voisinage de la cote zéro, la néogénèse due au milieu ne joue apparemment aucun rôle. Les nombreux travaux sur les argiles parus ces dernières années montrent que les domaines où la néogénèse des minéraux argileux au cours de la sédimentation intervient, se restreignent singulièrement.

La montmorillonite est le seul minéral de la série susmentionnée qui fasse son apparition au Chattien dans les séries molassiques françaises étudiées par A. Vatan et P. E. Rouge [2]. Je pense que la présence de montmorillonite peut être expliquée par l'apport détritique alpin. L'étude des minéraux lourds a montré, à côté des minéraux résistants sans signification particulière comme le rutile, la tourmaline et le zircon, des minéraux de métamorphisme courants comme le grenat et la chlorite, l'association typique staurotide-disthène de provenance alpine, des minéraux de roches éruptives tels que : glaucophane, amphibole claire et amphibole brunâtre (proche de l'amphibole brune d'origine basaltique), hypersthène, augite, hornblende verte et épidote. Dès lors on est amené à rappeler que les *grès de Taveyannaz* renferment de menus matériaux d'origine volcanique. La venue de cette partie d'origine éruptive des minéraux lourds peut correspondre à l'amorce de l'érosion de ces grès ou de tout autre niveau recélant du matériel éruptif remanié. Or l'apparition de la montmorillonite semble coïncider avec la venue de ce matériel d'origine éruptive, tout au moins dans la région étudiée. Il peut y avoir une sorte de déphasage régional entre la venue de montmorillonite et celles des minéraux lourds des roches éruptives. Ce déphasage serait en grande partie l'œuvre de courants transporteurs de matériel détritique dont la compétence était éminemment variable. L'aire de répartition de la montmorillonite doit forcément être plus grande.

Une autre hypothèse serait qu'au Chattien il se serait produit un certain réchauffement du climat qui aurait favorisé la formation de montmorillonite.

Une connaissance pétrographique des minéraux argileux formant les roches des Alpes amènerait peut-être la découverte de montmorillonite dans passablement de niveaux, ce qui éclaircirait ou résoudrait la question.

Au début de cette Note, il est question de kaolinite et de kaolinite *sensu stricto*. Alors que la seconde est la kaolinite courante décrite par les auteurs, la première révèle certaines aberrations. Lors de l'exécution des clichés d'agrégats orientés aux rayons X, j'ai établi l'existence d'un minéral qui est représenté par des raies aux environs de 7,1-7,2 Å et de 3,5-3,65 Å. Or ces raies, qui correspondent à celles de la kaolinite normale, disparaissent après le traitement acide, contrairement à ce qui se passe avec la kaolinite *sensu stricto* ([3]). Parfois on a un mélange des deux kaolinites, ce qui se remarque très nettement par l'affaiblissement des raies de la kaolinite après le traitement acide.

Ce cas particulier avait déjà été constaté par A. Rivière lors de l'étude d'une argile de la molasse de Suisse, mais après l'attaque acide il avait trouvé dans la solution résiduelle du magnésium et du fer. Une vase à Radiolaires provenant d'une profondeur de 5 480 m, fournie par Petterson et étudiée toujours par A. Rivière présentait les mêmes minéraux argileux que l'argile de Suisse et en même proportion. Là encore le traitement à l'acide chlorhydrique avait fait disparaître les raies à 7,1 et 3,54 Å ([3]).

Si ces deux cas furent isolés, dans la série molassique de Suisse que j'ai étudiée le phénomène se produit avec une certaine fréquence. La première hypothèse serait de penser qu'il s'agit de chlorite, la présence d'une raie à 14 Å rendant cette hypothèse vraisemblable. Toutefois, après centrifugation, l'analyse de la liqueur résultant de l'attaque acide ne révèle que des traces infimes de magnésium. D'autre part les raies à 7,1-7,2 Å et à 3,55-3,65 Å disparaissent *totalement* après chauffage à 530° environ, ce qui laisse planer des doutes sur leur attribution à une chlorite, même ferrifère. De plus il semble n'y avoir aucune constance du rapport des intensités des raies à 14 et à 7 Å. Finalement, j'ai rencontré quelques échantillons ne renfermant que de l'illite, de la montmorillonite et de la kaolinite ne résistant pas à l'attaque acide, ce qui semble exclure définitivement l'attribution de ces raies à une chlorite quelconque. On est donc amené à envisager la présence possible dans ces argiles d'un minéral à 7,1 et à 3,5 Å distinct des kaolinites courantes, mais faisant probablement partie du groupe des kaolinites.

([1]) A. Bersier, *Revue Inst. fr. Pétrole*, 8, p. 51-57.

([2]) A. Vatan, P. E. Rouge et F. Boyer, *Étude sédimentologique et pétrographique du Tertiaire subalpin et jurassien de Savoie et des provinces limitrophes*. Travail présenté au Colloque de sédimentologie, 1956, à paraître dans la *Revue de Inst. fr. Pétrole*.

([3]) A. Rivière, L. Visse, R. Fridman et S. Vernhet, *Bull. Groupe Français des Argiles*, nouv. série, 6, n° 1, 1954, p. 13-18.

PÉTROGRAPHIE. — *Les Carbonatites de la Lueshe (Kivu, Congo belge).* Note de MM. **Pierre de Béthune** et **André Meyer**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Le massif alcalin de la Lueshe (ou Lwigeshe), dont l'un de nous a donné une description pétrographique préliminaire en 1952 (1), avait été découvert par G. Borgniez (2) en 1938, mais était resté inaccessible depuis lors. La réouverture de la route de Kilima à Kikuku, près de Katwe, a permis au second auteur (A. M.) d'y rééchantillonner cet été et de recueillir les observations de terrain sur lesquelles est basée la réinterprétation du gisement.

Ce massif, intercalé dans les schistes du système de l'Urundi, a une largeur de 2 km, entre les km 79 et 83 de cette route (points 1484 et 1468 de la publication de 1952), en amont du confluent de la Kahotonga. Il est constitué principalement d'une syénite à cancrinite et calcite (Busorite) et de carbonatite à ægyrine (Ringite).

La *Busorite* est une roche feldspathique, hololeucocratique, grenue ou finement grenue, à texture souvent foyaïtique, composée principalement d'albite, accompagnée de microcline, de cancrinite et de calcite. On y trouve accessoirement une biotite pléochroïque dans les tons olive-jaunâtre à opaque (lépidomélane), du zircon et de l'ægyrine qui peut devenir plus abondante dans des types leucocratiques, à grain plus fin.

La *cancrinite* et la *calcite*, qui sont des composants quasi constants de cette roche, ne se présentent pas sous l'aspect habituel de minéraux d'altération secondaire, mais bien en grains cristallins, bien développés, de caractère *primaire*. La calcite forme toutefois également de petites mouchetures, dans les feldspaths, qui pourraient être secondaires.

L'absence de néphéline, déjà mentionnée en 1952, et confirmée par l'étude des nouveaux échantillons, nous oblige à distinguer cette roche des syénites néphéliniques à cancrinite connues, comme la särnaïte, la litchfieldite (à laquelle elle ressemble fort) et la mariupolite. Nous proposons donc de la désigner sous le nom de *busorite*, du Mont Busoro, qui forme le flanc sud de la vallée de la Lueshe.

Cette roche est particulièrement bien exposée dans le flanc occidental du Mont Busoro, au bord ouest du massif, mais on la retrouve également sur sa bordure orientale. Il semble qu'elle forme un anneau autour d'un culot carbonatitique.

La *Ringite* est une roche carbonatée à ægyrine, avec un peu de biotite (lépidomélane), de feldspath alcalin et d'apatite, qui est intimement associée à la busorite sur le terrain. L'un de nous l'avait interprétée en 1952 « classi-

quement », comme le produit de l'exomorphisme de la busorite sur une assise calcaire présumée, du système de l'Urundi.

Les nouvelles observations permettent de préciser le gisement de cette roche qui, à en juger par l'étendue des terres rouges à cristaux d'ægyrine, résultant de sa décomposition, forme un massif de près de 2 km de largeur. Elle forme en outre des filons dans la busorite, transversaux au zonage de cette dernière, ainsi que dans les schistes encaissant le massif. Ceci nous indique que nous avons affaire à une roche éruptive du groupe des *carbonatites*.

La ringite contient localement des enclaves anguleuses riches en ægyrine, qui sont des *pyroxénolites alcalines* à calcite, biotite, mélanite et feldspath alcalin accessoires. Il s'y associe localement une carbonatite à biotite qui doit rentrer dans le type pétrographique des *sövites*.

Les gisements de carbonatites actuellement connus sont tous situés dans des socles cristallins granitiques ou intensément feldspathisés, tandis qu'à la Lueshe le massif alcalin traverse des micaschistes à grenat ou à disthène et shéridanite dont le métamorphisme est nettement moins intense [3].

Tant à Fen, qu'à Alnö et Spitzkop, la carbonatite est entourée d'un anneau incomplet de roches éruptives sous-saturées, entourées elles-mêmes d'un anneau de fénitisation du socle cristallin encaissant. Cette fénitisation est une transformation métasomatique qui a donné naissance à des roches d'aspect igné et de composition syénitique à ijolitique. Il semble bien en être de même des anneaux fénitiques, syénitiques ou ijolitiques, signalés autour des carbonatites de Sukulu, Tororo, Busuku, Sekululu, Chilwa, Shawa, Dorowa et Moruangeberr.

La busorite de la Lueshe représenterait une partie d'un tel anneau, mais en outre on constate dans les schistes encaissants des *transformations métasomatiques* remarquables.

Sur le bord oriental du massif, ces schistes ont été transformés en des roches feldspathiques, du type des adinoles, mais chargées en proportion variable d'ægyrine et d'une amphibole sodique particulière (dont le pléochroïsme rappelle celui du glaucophane et de certaines arfvedsonites, mais qui se distingue de ces minéraux par son grand angle d'extinction et que nous nommerons *Borgniezite* en l'honneur de l'inventeur du gisement).

Sur le bord occidental du massif les choses sont moins claires. On y observe des roches feldspathiques massives, à texture poeciloblastique qui résultent vraisemblablement aussi de la métasomatose des schistes encaissants; certains schistes à albite porphyroblastique trahissent peut-être un stade intermédiaire de cette transformation.

Les variations de texture de la busorite, dont les feldspaths sont tantôt perthitiques, tantôt antiperthitiques, indiquent que cette roche a, elle-

même, subi localement certaines modifications métasomatiques. Quelques échantillons de roches à ægyrine suggèrent également des effets métasomatiques dont nous ne pouvons encore préciser l'importance.

Le massif de la Lueshe n'est distant que d'une cinquantaine de kilomètres des principaux volcans de la *province potassique des Virunga*, aussi est-on tenté d'établir un rapport génétique entre ceux-ci et celui-là. Il est toutefois prématuré de conclure, car l'un de nous (A. M.) a observé un *marbre stratifié*, en concordance avec les micaschistes du bord occidental, au contact immédiat de la busorite et de la carbonatite. Il s'agit d'une roche au grain relativement fin, assez fortement imprégné d'ocre par altération météorique, mais qui contient des lentilles lépidoblastiques d'une biotite pâle, semblable à celle des schistes à shéridanite susjacents et différente du lépidomélane des carbonatites. Il paraît évident que ce marbre appartient à une assise calcaire sédimentaire intercalée dans le système de l'Urundi et affectée par le métamorphisme régional. Les rapports de ce marbre avec une carbonatite *primaire* de la province des Virunga seraient-ils fortuits ? Devons-nous au contraire, nous demander s'il ne se serait pas développé, par anatexie de cette assise calcaire, un « magma » carbonatitique *syntectique* ?

(1) P. DE BÉTHUNE, *Mém. Inst. géol. Univ. Louvain*, 16, 1952, p. 221-299; *voir* p. 228, 229 et suiv.

(2) *Bulletin de l'Association des Ingénieurs de la Faculté Technique du Hainaut à Mons*, n° 5, janvier 1944.

(3) P. DE BÉTHUNE, *Acad. roy. Belg., Bull. Classe des Sciences*, 5e série, 35, 1949, p. 1073-1088.

SÉDIMENTOLOGIE. — *Observations sédimentologiques sur l'étang de Leucate.* Note de M. **André Rivière** et Mlle **Solange Vernhet**, présentée par M. Pierre Pruvost.

Caractères particuliers et sensibilité aux conditions topographiques locales de la sédimentation en eaux peu profondes. Origine de certaines lentilles sableuses intercalées dans les séries vaseuses lagunaires.

Dans la région de Leucate, les vents du secteur Nord-Ouest sont à la fois dominants et régnants. Ils donnent naissance dans les étangs à une houle courte, vite déferlante, qui met rapidement en suspension les sédiments fins des fonds. Poussées par le vent, les eaux chargées de troubles de l'étang de Leucate sortent par le Grau nord en un courant rapide, entraînant des pertes sédimentaires qui compensent dans une plus ou moins large mesure les apports éoliens et les rentrées par le Grau qui se produisent lorsque soufflent les vents du secteur opposé.

Dans le Nord de l'étang, l'érosion s'accentue localement au voisinage des côtes exposées aux vents du secteur Nord-Ouest, sous l'influence des courants de vagues, souvent très visibles, qui entraînent les sédiments mis en suspension par l'agitation des eaux. Il en résulte une dissymétrie des profils de cette partie de l'étang et des baies qui accidentent le tracé de ses rivages. C'est ainsi que des profondeurs relativement plus grandes (de l'ordre de 2 m), ont tendance à se maintenir à peu de distance de la rive est de la corne nord de l'étang et au Nord des Sidrières.

Sur le bord interne du cordon littoral bordant l'étang à l'Est, ces actions se traduisent par l'apparition de minuscules falaises d'érosion temporaires, sans d'ailleurs qu'il semble y avoir attaque permanente des fonds dont la pente vers l'Ouest est très faible. Le fait tient sans doute à ce que l'érosion est compensée par les apports éoliens et les rentrées sédimentaires auxquels il a été fait précédemment allusion.

La partie orientale de l'étang est accidentée par une zone de hauts-fonds liés à l'existence d'une ride sédimentaire sous-marine qui s'est édifiée sous le vent au Sud-Est de l'île de la Rascasse. Sorte de tombolo encore submergé, cette ride est presque entièrement formée au voisinage de l'île par des galets de quartz et de lydienne identiques à ceux qui constituent celle-ci. Vers le Sud-Est, la taille des galets diminue en même temps qu'augmente la proportion des éléments sableux et graveleux (surtout des débris de coquilles). A environ 1 km de l'île, l'existence de ce tombolo ne se manifeste plus guère que par l'extrême diminution de la profondeur. Après une période de vents du Nord-Ouest, par temps calme et avec un niveau de l'étang relativement bas, nous avons observé là, isolé au milieu des vases mouvantes *sur* lesquelles il reposait, un banc sableux que sa morphologie rapprochait des dunes sous-marines mobiles décrites par l'un d'entre nous [1], mais ses dimensions (une centaine de mètres de longueur) étaient beaucoup plus considérables.

Un kilomètre environ au Sud de l'île de la Rascasse, l'île de Vic, constituée par les mêmes galets, a été arasée par les glaces du dernier hiver et, par basses eaux, n'émerge plus que de quelques centimètres. Facilement franchie par les moindres vagues, elle ne semble guère avoir d'autre effet que le maintien de hauts-fonds sous le vent de l'abri très relatif qu'elle constitue.

Compte tenu des perturbations liées à la présence de ces îles, ainsi qu'à celle des Dendilles, les actions de remblayages semblent de plus en plus marquées vers le Sud. Ce phénomène peut s'expliquer par le fait que les parties méridionales de l'étang sont depuis longtemps dépourvues de toute communication permanente avec la mer. Il en résulte un ralentissement progressif vers le Sud de la dérive des eaux poussées par les vents du secteur nord-ouest au fur et à mesure que s'accentue la surélévation des eaux,

laquelle peut atteindre plusieurs décimètres. Comme ces eaux sont chargées de troubles à la limite de leur capacité de transport, on peut penser que l'augmentation de la profondeur, liée à la surélévation momentanée du plan d'eau vers le Sud, amène une sédimentation telle que les fonds aient tendance à se modeler de plus ou moins près sur la surface déformée du plan d'eau. Effectivement, les observations faites par temps calme permettent de constater une diminution marquée des profondeurs dans cette zone. L'alluvionnement est d'ailleurs facilité par le développement des herbiers dont la présence facilite la sédimentation en diminuant l'agitation et qui — avec la faiblesse de la profondeur (quelques décimètres) — paraissent devoir s'opposer à toute formation d'undertow. Ces phénomènes expliquent le rapide colmatage du Sud-Est de l'étang, notamment à l'Est de la base d'hydravions de Saint-Laurent, alors qu'à l'Ouest, la rive s'érode encore suivant les processus habituels.

Au contraire, les rives occidentales et celles de la partie la plus septentrionale de la corne nord de l'étang sont à peu près partout en voie de remblaiement, bien que soumises à l'action des vagues soulevées par les tempêtes du Sud-Est et de l'Est. L'action de celles-ci reste en effet limitée en raison de leur fréquence relativement faible et elle ne semble pas pouvoir contrebalancer les apports résultant du fait que, par vent du secteur Ouest, les eaux bordant ces rives jouissent d'un calme relatif. Ces côtes reçoivent d'ailleurs les apports sédimentaires non négligeables, dus au ruissellement et aux petits cours d'eau atteignant l'étang. Ces venues d'eau douce, accrues d'un certain nombre de résurgences (parmi lesquelles celles de Fitou et de Fontestramer) permettent le développement rapide de roselières étendues qui accélèrent la sédimentation et consolident les vases.

L'ensemble de ces observations met en relief les faits suivants :

1° La répartition des dépôts actuels de l'étang montre que dans les eaux lagunaires peu profondes dans lesquelles l'agitation des vagues met facilement en suspension les sédiments des fonds, il peut y avoir, contrairement à ce qui se passe généralement en eaux profondes, colmatage des régions situées *sous le vent*, surtout lorsque celles-ci sont dépourvues de communications avec la mer et n'offrent pas d'issues « sous le vent » aux courants de vagues littoraux.

2° Le développement du tombolo submergé de la Rascasse montre l'extrême sensibilité aux conditions locales des mécanismes de sédimentation en eaux peu profondes (l'île n'ayant pas 30 m dans sa plus grande dimension). Le phénomène s'explique partiellement par la faiblesse de la masse de sédiments nécessaires au comblement (la profondeur étant réduite), mais il semble surtout tenir au fait que, l'agitation s'étendant à toute l'épaisseur de la tranche d'eau, la capacité de transport du milieu est pratiquement toujours saturée, ce qui entraîne la formation de dépôts partout où le

moindre abri atténue l'agitation. La diminution de profondeur qui en résulte freine la propagation des lames en sorte que, de proche en proche, la zone de sédimentation peut s'étendre très loin de l'obstacle qui lui a donné naissance.

3° Nous avons vu que le banc sableux observé au Sud-Est de la Rascasse présentait de grandes analogies avec les dunes sous-marines mobiles antérieurement décrites ([1]). Toutefois, ses dimensions beaucoup plus considérables obligent à supposer un accroissement qui ne peut s'expliquer que par une sélection granulométrique des éléments sableux (surtout coquillers) s'exerçant au dépens de la vase des fonds. Ceci conduit à envisager qu'une telle ségrégation peut se produire spontanément sur les hauts-fonds, permettant ainsi l'apparition des formations dunaires sous-marines *plus ou moins isolées*, à grande distance des rivages de l'étang ou de la lagune. Cette hypothèse s'accorde bien avec la situation topographique particulière et l'isolement du banc étudié.

Ces faits permettent de penser que les lentilles sableuses qu'il est si fréquent de rencontrer isolément au milieu des séries vaseuses lagunaires ne sont pas nécessairement, comme le voudraient les conceptions classiques, les témoins d'anciens chenaux. Bien au contraire, elles semblent pouvoir s'être constituées initialement en éléments dunaires sous-marins, plus ou moins isolés et mobiles, par ségrégation sous l'action des vagues dans les régions de hauts-fonds. Peut-être nombre de lentilles sableuses des séries pétrolifères n'ont-elles pas d'autre origine.

([1]) *Comptes rendus*, 237, 1953, p. 1268.

GÉOPHYSIQUE. — *Sur une zone d'importantes anomalies gravimétriques et magnétiques au nord du Tanezrouft.* Note (*) de MM. **Jean Castet**, **Jean Dubief** et **Jean Lagrula**, présentée par M. Pierre Lejay.

Une première campagne gravimétrique (1951) avait mis en évidence entre Adrar et Reggane des anomalies isostatiques importantes ([1]), atteignant (système Airy, profondeur de compensation 60 km) des valeurs de — 60 mgal, dépassant celles du puissant bassin néogène du Hodna et de la fosse Sud-aurasienne (— 50 mgal).

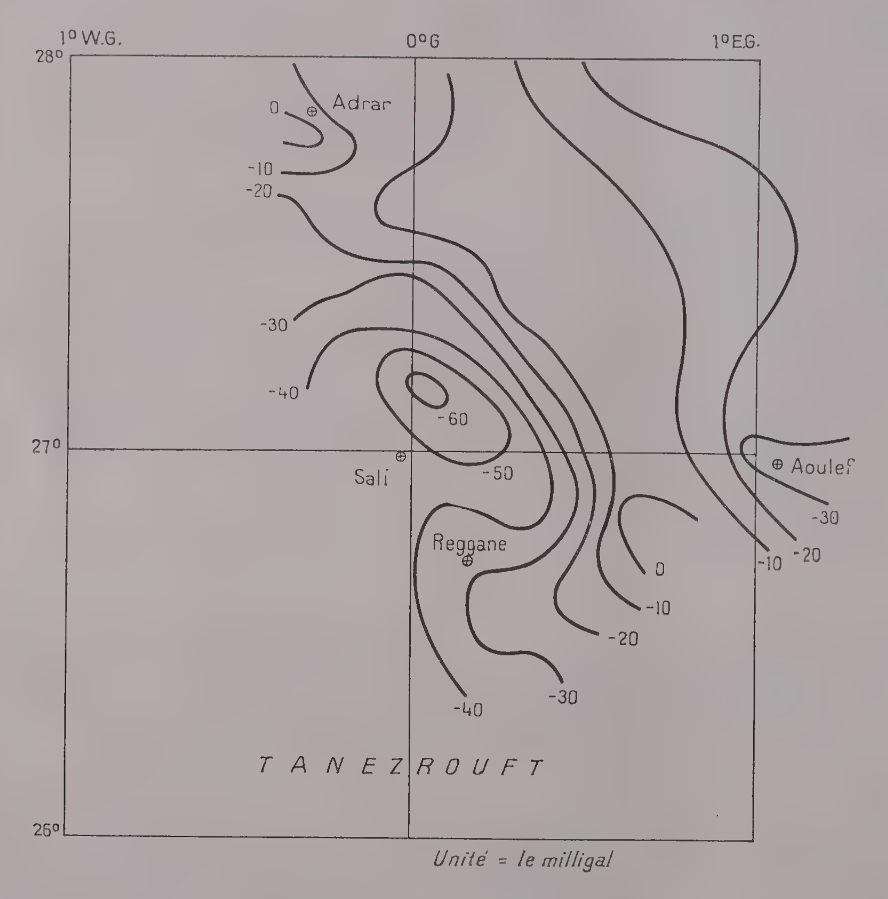
Il s'agit donc d'un accident structural de premier ordre dont il importait de préciser l'étendue. C'est ce qui fut fait au passage à l'occasion de deux autres campagnes (1955 et 1956). En même temps furent exécutées des mesures de la composante verticale Z du champ magnétique terrestre.

Les conclusions furent les suivantes :

1° la zone des anomalies gravimétriques les plus fortes est conforme au dessin ci-dessous;

2° le gradient gravimétrique est très fort;

3° les valeurs de Z sont en corrélation marquée avec celles de g, et dans le sens signalé antérieurement ([2]) : aux maxima gravimétriques correspondent des minima magnétiques et *vice versa*. Ce phénomène remarquable, valable pour les profils El-Goléa-Tamanrasset et In-Salah-Amguid se manifeste aussi pour les profils In-Salah-Aoulef-Adrar et Adrar-Reggane.



Unité = le milligal

On sait ([3]) que, dans une région, comme le Sahara, où l'inclinaison du champ magnétique est faible, une structure simple (anticlinal ou synclinal) ne produit pas, comme en gravimétrie, un seul extremum (maximum ou minimum), mais deux de signes contraires, situés de part et d'autre de la structure. Ce fait gêne beaucoup la mise en évidence des corrélations; et celle de notre Note antérieure ([2]) doit sa simplicité au grand intervalle (40 à 50 km) séparant deux stations magnétiques consécutives.

Dans la région ici considérée, cet intervalle a été réduit à 10 km et l'on a effectivement pour les anomalies de Z, calculées suivant notre méthode antérieure (2), un maximum au Sud, supérieur à 200 γ, et un minimum au Nord légèrement négatif, encadrant le minimum gravimétrique. Nous ne nous hasarderons pas à des calculs concernant la profondeur intéressée par l'importante structure que nous avons mise en évidence, et qui est caractérisée par une densité faible et une susceptibilité magnétique forte. Il semble s'agir d'une énorme accumulation de « continental intercalaire », dont la prospection serait intéressante.

(*) Séance du 17 septembre 1956.

(1) J. Lagrula, *Sur la prolongation du réseau gravimétrique Nord-Africain au Sahara français* (*Travaux de l'Institut de Recherches Sahariennes*, 1952).

(2) J. Castet et J. Lagrula, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 84.

(3) Haalck, *Die Magnetischen verfahren der Angewandten geophysik*, 1927.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Influence du froid sur l'évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, au cours de la germination des graines de* Brassica oleracea *var.* acephala. Note de M. **Robert Dupéron**, présentée par M. Raoul Combes.

Les graines de Chou Cavalier (*Brassica oleracea* var. *acephala*) contiennent de petites quantités d'acide malique et d'acide citrique, qui s'accroissent notablement au cours de la germination. Le froid accentue l'accumulation de ces acides.

Jusqu'à ces dernières années, peu de recherches ont été entreprises sur la nature et le comportement des acides organiques hydrosolubles contenus dans la graine. Les quelques travaux réalisés dans ce domaine se rapportent, le plus souvent, à l'étude de l'acide citrique. Ce dernier a été trouvé, en faible quantité, dans les semences de céréales (Blé, Maïs, etc.) et de Légumineuses (Haricot, Lupin, etc.), par Petersen (1) puis par Taufel et Krusen (2). De plus, ces auteurs ont observé un accroissement de la quantité de cet acide au cours de la germination de ces deux types de semences, à l'obscurité. Toutefois, sensiblement à la même époque, Gobis (3) a constaté, au contraire, avec des espèces identiques, un appauvrissement de la graine, en acide citrique, dans les premières phases de la germination, avant le développement de l'appareil chlorophyllien.

En France, Desveaux et Kogane-Charles (4) étudiant les acides organiques des graines oléagineuses (Ricin, Chanvre, Lin) ont noté, lors de la germination, une augmentation importante de l'acidité organique, non lipidique, qui pourrait être due, pour une large part, à la formation d'acide acétique. En outre, selon ces auteurs, les semences de Ricin et de Maïs contiendraient de

l'acide glycolique et de l'acide malique, mais pas d'acide citrique; celui-ci apparaîtrait avec d'autres acides, pendant la germination.

Dans le cadre de nos recherches sur la biochimie de la graine, nous nous sommes proposé de suivre, dans la graine de Chou Cavalier (*Brassica oleracea* var. *acephala*), l'évolution des acides organiques hydrosolubles, non volatils, d'une part au cours d'une germination se déroulant à une température moyenne (20°), et d'autre part lors d'une germination réalisée à basse température (2-3°).

A cet effet, les acides organiques hydrosolubles fixes, ont été identifiés et dosés dans les semences non germées, puis successivement dans les graines ayant germé pendant 2, 4 et 6 jours à l'obscurité, à la température de 20°; la longueur moyenne des plantules ainsi obtenues (radicule + hypocotyle) était respectivement de 0,5, 2 et 6 cm. A partir du quatrième jour, et jusqu'au sixième, certains lots ont poursuivi leur germination à la lumière du jour (photopériode de 16 h). Parallèlement, des dosages ont été effectués sur des semences ayant germé pendant 3,5 et 7 semaines à 2-3°, à l'obscurité (longueur moyenne des plantules : 0,5, 2 et 5 cm).

Pour chaque lot, nous avons appliqué la technique suivante : après stabilisation du matériel frais par l'alcool bouillant, les acides organiques sont extraits par trois traitements par l'alcool à 50°, à ébullition. Les alcoolatures passent ensuite sur une résine anionique faiblement basique (Amberlite I. R. 4B). L'élution des acides retenus sur la résine est réalisée par l'ammoniaque à 2 %. Après évaporation, à basse température, de la solution ammoniacale, les acides organiques, non volatils, sont identifiés par chromatographie sur papier. Les modalités de ces opérations, ainsi que celles du dosage des acides par titrage iodométrique, ont été décrites antérieurement ([5]).

Les résultats obtenus peuvent se résumer ainsi :

a. Graines non germées. — Les semences de Chou Cavalier contiennent de faibles quantités d'acide malique (0,07 % de la matière sèche) et d'acide citrique (0,14 %). Il est possible qu'il existe des traces d'acide lactique.

b. Germination à 20°. — L'examen de la figure 1 montre que la germination à 20°, à l'obscurité, est marquée par un accroissement régulier de la quantité d'acide malique et ceci jusqu'à l'étiolement de la plantule (6e jour). La lumière, lorsqu'elle est appliquée du quatrième au sixième jour, accentue l'accumulation de cet acide.

Dans l'ensemble, l'acide citrique présente une évolution analogue, la très légère diminution de la quantité de cet acide, observée sur la figure 2, au début de la germination, ne paraissant pas devoir être significative.

c. Germination à basse température. — Les mêmes phénomènes peuvent être observés au cours de la germination à 2-3°. Toutefois, pour les stades de germination un peu avancés, l'enrichissement en acides organiques est plus marqué dans les graines subissant l'influence du froid, que dans celles germant

à une température plus douce. Mais ces différences, surtout celles relatives à l'acide citrique, demeurent souvent faibles.

d. Pendant toute la période de germination, il ne semble pas apparaître, en quantité décelable, des acides organiques, fixes, différents de ceux déjà présents dans la semence non germée. Enfin, à tous les stades on retrouve des traces d'acide lactique, quelle que soit la température de germination.

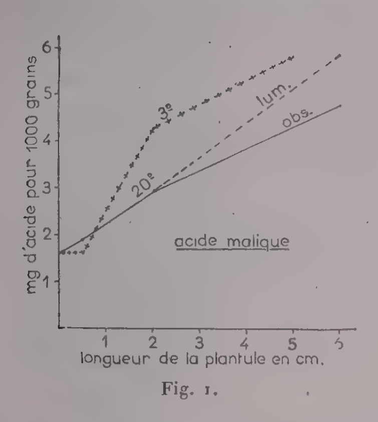


Fig. 1.

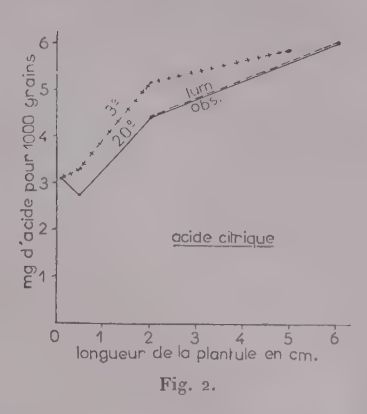


Fig. 2.

En conclusion, la germination des graines de *Brassica oleracea* var. *acephala* s'accompagne d'une genèse importante d'acide malique et d'acide citrique. Le froid accentue ce phénomène. Il est possible que cette synthèse d'acides organiques soit en rapport avec l'enrichissement de la graine en glucides solubles, constaté au cours de la germination, lors de précédentes recherches (⁶).

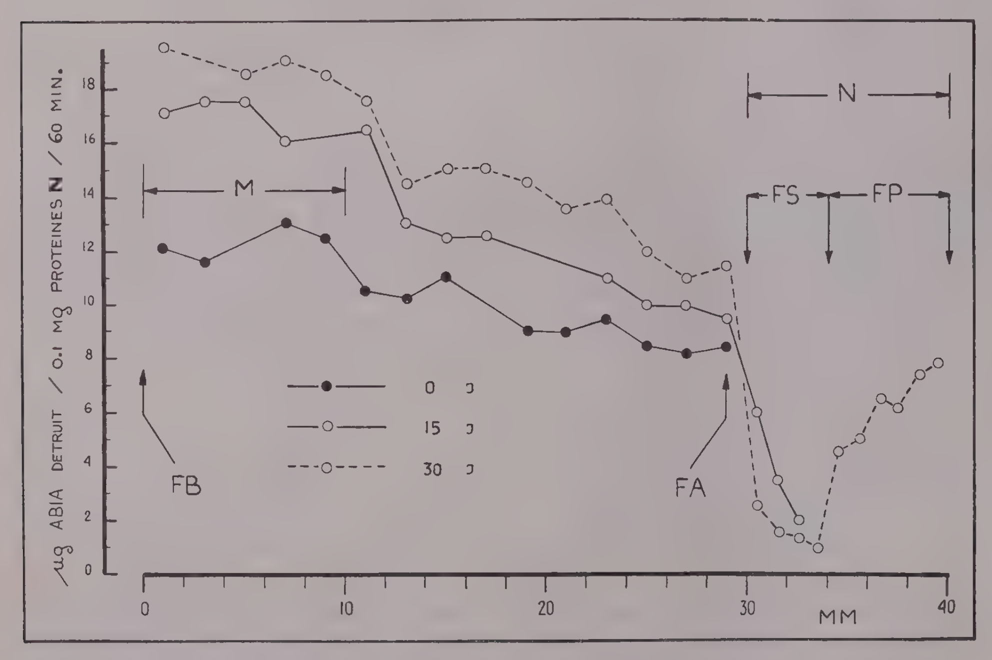
(¹) *Acta physiol. scand.*, **8**, 1944, p. 97.
(²) *Biochem. Z.*, **322**, 1952, p. 375.
(³) *Ann. sper. agrar.* (Roma), **5**, 1951, p. 571.
(⁴) *Ann. agro.*, **3**, 1952, p. 385.
(⁵) *Rev. gén. Bot.*, **63**, 1956, p. 137.
(⁶) *Rev. gén. Bot.*, **61**, 1954, p. 261.

PHYSIOLOGIE VÉGÉTALE. — *Activité des auxines-oxydases dans les fragments de carotte cultivés in vitro.* Note de M. **Paul-Émile Pilet**, présentée par M. Raoul Combes.

Les auxines-oxydases sont moins actives dans la zone apicale de fragments de carotte que dans la zone basale. C'est peut-être pourquoi la culture est meilleure lorsque le fragment est renversé. L'activité de ces enzymes augmente avec l'âge des tissus cultivés *in vitro* et spécialement dans les régions en contact avec le milieu; elle est très faible au niveau du tissu cambial et des néoformations.

Les auxines-oxydases président à l'inactivation *in vivo* de l'acide β-indolyl-acétique (ABIA) (¹). Leur étude systématique dans les divers tissus des racines

du *Lens* [2] et les résultats obtenus, nous ont engagé à examiner le cas de fragments de carotte cultivés *in vitro*. Ces fragments (30/15/15 mm), prélevés dans la région médiane, sont placés en position renversée (face basale ou foliaire dans le substratum) de façon à obtenir un maximum de prolifération [3] et sont cultivés stérilement dans le milieu de Heller [4], en présence de lumière blanche (400 lux ± 50) et à température constante (22° C ± 0,5). Des morceaux de tissus (2/2/2 mm pour les fragments et 1/2/2 mm pour les néoformations) sont prélevés dans la région cambiale à divers niveaux. Broyés (— 16° C) avec une solution tampon KH_2-Na_2PO_4 5.10^{-2} M, ils sont centrifugés (15 mn; 4 500 g) et décantés (10 ml). 2 ml d'extrait sont mélangés à 5 ml de solution tampon (pH 6,1) et (temps 0) à 2 ml d'ABIA 5.10^{-4} M. On prélève 2 ml de ce mélange qu'on ajoute à 8 ml du réactif de Salkowsky [5] modifié ($FeCl_3$ 1,5 M — 3 ml; H_2SO_4 97 % — 100 ml; H_2O redist. — 60 ml).



Activité des auxines-oxydases (exprimée en fonction d'ABIA détruit en 60 mn, par unité de protéines N).

M, zone du fragment en contact avec le milieu; FB, face basale; FA, face apicale; N, néoformation terminale; FS, formation secondaire; FP, formation primaire; J, jours (comptés à partir de la mise en culture).

La titration se fait à 22,5° C ± 0,2, à l'aide du photocolorimètre Klett-Summerson (λ 5 350 Å ± 150). L'activité de ces enzymes est exprimée par la quantité d'ABIA (en µg) détruite par unité des protéines N (0,1 mg) [6] pendant 60 mn.

Les résultats de ces essais, reportés dans la figure, autorisent les remarques suivantes :

1° Pour les fragments initiaux, on peut observer une décroissance de l'activité des auxines-oxydases de la face basale (FB) à la face apicale (FA). Cette observation peut fournir de nouvelles indications sur la polarité morphologique particulière des cultures de carotte ([7]). En effet, si la face foliaire (ou basale) est appliquée dans le substratum, la face radiculaire prolifère au maximum et cette région est précisément celle où l'inactivation de l'ABIA est minimum.

2° Au fur et à mesure que le tissu vieillit, l'activité des auxines-oxydases augmente fortement dans les régions en contact avec le milieu (M) et faiblement ailleurs.

3° Au niveau des néoformations (N), l'activité de ces enzymes est très diminuée. Pour des cultures plus âgées, on voit que, dans la région périphérique (formation primaire, FP) les auxines-oxydases sont plus actives que dans la région profonde (formation secondaire, FS) constituée d'assises génératrices libéro-ligneuses associées à du parenchyme vasculaire et du liber ([8]).

Ces données sur les gradients physiologiques des cultures de tissus complètent nos informations sur leur polarité bio-électrique ([9]). D'autre part, des mesures réalisées dans les néoformations latérales indiquent que ces enzymes y sont également peu actives.

Ainsi, dans les régions des tissus où la prolifération cellulaire est importante, l'activité des systèmes auxines-oxydasiques est réduite et par conséquent l'inactivation et la destruction *in vivo* des hormones de croissance fortement diminuées. Cette observation confirme nos résultats sur l'activité de ces enzymes dans les méristèmes des racines.

(1) A. W. Galston, *Proc. 3 rd Intl. Plant Growth Subst. Symposium*, Wye College, England, 1955.

(2) P. E. Pilet et A. W. Galston, *Physiol. Plantarum*, **8**, 1955, p. 888; P. E. Pilet, *Act. Soc. helv. Sc. nat.*, **135**, 1955, p. 133; *Experientia*, **12**, 1956 (sous presse).

(3) R. J. Gautheret, *Comptes rendus*, **210**, 1940, p. 186; **211**, 1940, p. 15; *C. R. Soc. Biol.*, **144**, 1950, p. 172.

(4) R. Heller, *Ann. Sc. nat. Bot.*, 11e série, **14**, 1953, p. 1; *Année biol.*, **30**, 1954, p. 261.

(5) A. W. Galston et L. Dalberg, *Amer. J. Bot.*, **41**, 1954, p. 373; P. E. Pilet et A. W. Galston, *Physiol. Plantarum*, **8**, 1955, p. 888.

(6) L'analyse du contenu en protéines N est basée sur la technique de Nessler.

(7) R. J. Gautheret, *Rev. Cytol. Cytophysiol. vég.*, **7**, 1944, p. 45.

(8) R. J. Gautheret, *C. R. Soc. Biol.*, **127**, 1938, p. 259.

(9) P. E. Pilet et S. Meylan, *Experientia*, **11**, n° 4, 1955, p. 147.

MYCOLOGIE. — *Premières observations sur la mycoflore des sols sablonneux des Landes de Gascogne.* Note de M. **Jacques Montegut**, présentée par M. Roger Heim.

Pour l'étude de la microflore fongique du sol, les Landes de Gascogne constituent un milieu naturel de choix en raison de leur étendue considérable et de la remarquable homogénéité, selon l'axe Nord-Sud, du sol, du climat et de la végétation de chacune des différentes stations écologiques qui s'échelonnent depuis l'Océan jusqu'à l'intérieur des terres.

Nous avons retenu cinq de ces stations, afin d'y suivre l'évolution de la mycoflore : *la dune*, *la pinède littorale*, la grande *pignada* landaise, *la lande* s'installant après incendie, enfin le *sable cultivé*. Les premiers prélèvements ont été réalisés en 1954 à Lacanau (dune et pinède littorales) et à Solférino (pinède, lande et cultures).

Caractéristiques générales de la micoflore fongique. — Plus de 250 espèces ont été isolées à ce jour.

Elles se répartissent de la façon suivante :

Phycomycètes 6 %, Ascomycètes 11 %, Basidiomycètes 0,5 %, Fungi imperfecti 82,5 %; ce dernier groupe se décomposant en : 1,5 % d'*Aspergillus*, 27 % de *Penicillium*, 3 % de Moniliacées diverses, 12 % de Dématiacées, 5,5 % de *Fusarium*, 3 % de Tuberculariacées diverses, 1 % de Stilbacées, 1 % de Mélanconiales, 10 % de Sphæropsidales, 2,5 % de « mycéliums stériles ». Une répartition faite en fonction du nombre de colonies isolées donne un avantage considérable aux groupes à grand pouvoir sporulant tels que les Phycomycètes, Sphæropsidales et Hyphales, aux *Penicillium* en particulier, qui représentent plus de 50 % des colonies isolées.

Ce décompte met en évidence la pauvreté de la microflore en *Aspergillus* [déjà observée dans la région parisienne [1]], malgré le caractère xérophytique du substrat sablonneux et de l'ensoleillement, compensé, il est vrai, par le climat océanique. L'absence presque constante des Basidiomycètes est imputable à la biologie particulière de ce groupe dont les exigences ne sont pas satisfaites par les milieux de cultures employés. Quatre espèces, seulement, sont communes aux cinq stations écologiques étudiées : deux d'entre elles sont très banales, *Cladosporium herbarum* et *Trichoderma viride*; la troisième, *Penicillium Thomii*, n'est pas rare; la quatrième, *Penicillium pulvillorum* est moins communément rencontrée. La micoflore de la dune ne montre que très peu d'analogies avec celle des autres stations plus intérieures qui, par contre, possèdent en commun un assez grand nombre d'espèces; la mycoflore semble donc suivre le comportement de la flore supérieure, tant il est vrai que la végétation de la dune constitue

une entité totalement différente de la flore générale de l'arrière-pays, axée autour de la pinède et de la lande juxtaposées ou superposées.

La répartition moyenne donnée ci-dessus ne met pas en relief le comportement de la mycoflore des différentes stations; chacune d'entre elles possède une structure qui lui est propre.

Caractéristiques de la mycoflore de la dune. — L'absence presque totale des Phycomycètes s'explique par les exigences hydriques de ce groupe, les alternances répétées de dessèchement et d'humidification du sable ne permettant pas une installation permanente et décelable de leurs espèces. Par contre, deux groupes sont très bien représentés: les *Sphéropsidées* (15%), qui sont sans doute liées aux débris variés de la végétation superficielle, enfouis progressivement par ensablement, à moins qu'il ne s'agisse de vraies espèces du sol; les *Ascomycètes* (13 %) qui sont presque exclusivement représentés par des espèces fimicoles (*Sordaria*, *Pleurage*, *Chætomium*) dont la présence coïncide avec la fréquentation quotidienne de la dune par les oiseaux, les rongeurs et autres animaux. Parmi les Hyphales, le comportement de *Trichoderma viride* confirme toutes les observations faites à son sujet; absent totalement de la plage, rare dans la dune où il se localise en profondeur ou au voisinage des racines d'*Ammophila*, il devient plus fréquent dans l'arrière-dune où le fait d'un pH voisin de la neutralité biologique coïncide avec l'installation du *Corynephoretum* océanique; c'est dans l'humus acide de la pinède littorale que sa présence constante nous permet d'affirmer ses véritables affinités.

Mais la caractéristique essentielle de la mycoflore réside d'une part dans sa dépendance étroite avec la végétation de surface et les modifications de l'ensablement, et d'autre part dans sa faible vitalité. La mycoflore de la dune possède le même profil instable que celui du sable lui-même et du système racinaire de la végétation psammique. Ainsi la densité de la mycoflore épouse étroitement les fluctuations verticales du système racinaire complexe de l'*Ammophila* au fur et à mesure de l'ensablement ou du déchaussement de ses touffes; ainsi s'explique que la fréquence maximum des colonies isolées au cours de prélèvements échelonnés sur deux années en un point précis, s'est située tantôt en surface, tantôt à des profondeurs variables. Les liens biologiques unissant la mycoflore à la flore supérieure se précisent lorsqu'on étudie des prélèvements réalisés autour de plantules d'*Ammophila* dans des zones largement dénudées. On constate que la micoflore se répartit suivant un microgradiant très caractéristique autour des radicelles de la plantule; ainsi le nombre de colonies isolées croît schématiquement de 1 à 100 et jusqu'à 1000 suivant qu'on étudie le sable situé à plus de 10 cm de la plantule, le sable aggloméré en une gangue cylindrique de 2 à 5 mm de diamètre le long de la radicelle, ou la surface même de la radicelle.

D'autre part, on note que l'augmentation de fréquence va de pair avec une certaine sélection au niveau même des radicelles, qui souvent n'hébergent plus à leur surface qu'une ou deux espèces particulières très abondantes et une micoflore bactérienne intense, responsable sans doute en partie de cette sélectivité.

Dans les couches profondes la vie de la micoflore est fonction de la présence des racines et des débris végétaux variés enfouis et transformés sur place en humus; c'est dans ces foyers épars que certaines espèces absentes en surface, telles que des *Gliocladium*, *Stysanus*, *Graphium* et *Chætomium* pullulent à raison de 1500 germes par gramme de sable; à 10 cm de distance de ces foyers la fréquence tombe à 270 germes.

Ainsi, dans la dune, la micoflore fongique n'a-t-elle qu'une activité sporadique, parce que tributaire des végétaux supérieurs en place avec leurs racines, leurs débris et l'humus qui en résulte. En dehors de ces zones privilégiées la mycoflore est pratiquement inerte (8 à 335 germes par gramme de sable), bien que très diversifiée; en effet, sur les 250 espèces isolées à ce jour 150 l'ont été dans le système dunaire; mais si l'on excepte quelques espèces régulièrement présentes comme *Asteromyces cruciatus*, *Papularia sphærosperma*, *Epicoccum neglectum*, *Penicillium roseo-purpureum*, *Pleospora herbarum* et un *Pyrenochæta*, la plupart des espèces se retrouvent difficilement d'un prélèvement à l'autre, ce qui confirme le caractère instable de la mycoflore de la dune.

(1) *Comptes rendus du 6e Congrès international de la Science du Sol*, 3, Biologie, Paris, 1956.

LICHÉNOLOGIE. — *Sur la structure de l'appareil apical des asques chez les Pyrénolichens des genres* Laurera *et* Trypethelium. Note de Mlle **Marie-Agnès Galinou**, présentée par M. Roger Heim.

Les genres *Laurera* et *Trypethelium* appartiennent tous deux à la famille des Trypéthéliacées. Ce sont des Pyrénolichens crustacés, corticoles, localisés dans les régions tropicales. La différence entre les deux genres repose essentiellement sur la structure des spores : elles ont chez les *Laurera* à la fois des cloisons transversales et des cloisons longitudinales (spores murales) et chez les *Trypethelium* seulement des cloisons transversales. Dans les deux genres, les ascocarpes sont des excroissances subglobuleuses du thalle, montrant au sommet, selon les espèces, un ou plusieurs petits orifices punctiformes, qui sont les ostioles d'autant de cavités à asques. La paroi de ces ascocarpes est constituée par un tissu noir et coriace. Le fond et les flancs de chacune de leurs cavités sont tapissés par un mince

hypothécium, formé d'hyphes hyalins entremêlés, et portant un système de paraphyses fort remarquables : septées et très grêles, celles-ci sont réunies jusqu'à leur sommet en un réseau à mailles régulières (*fig.* 1). Inclus dans ce réseau se trouvent les asques, qui naissent de filaments ascogènes à anses latérales typiques [1], (*fig.* 2) et ont à leur base, en conséquence, chacune les vestiges d'un crochet. Assez grands, ces asques contiennent en principe huit spores, mais chez certaines espèces ce nombre est moindre, une partie d'entre elles avortant.

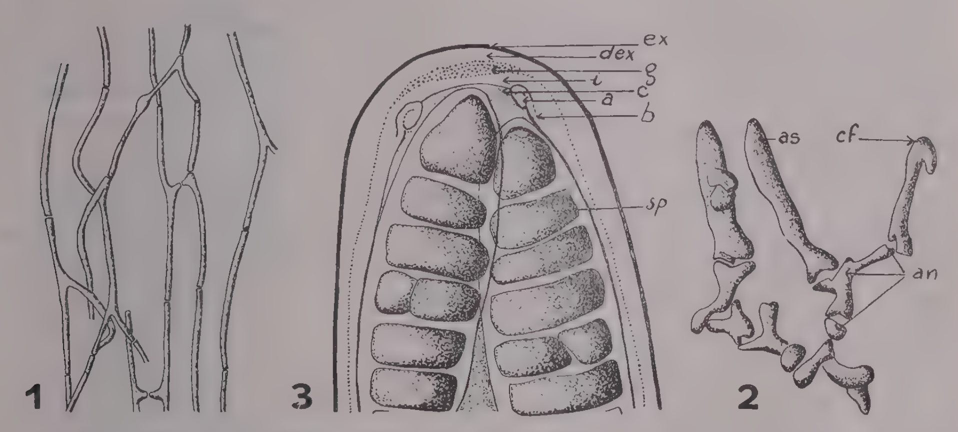


Fig. 1 à 3 : *Trypéthéliacées*. — En 1, détail du réseau de paraphyses du *Laurera purpurina*, coloré au bleu coton (cytoplasme seul représenté); en 2, hyphes ascogènes du *L. madreporiformis* (*as*, jeune asque; *an*, anses latérales; *cf*, crochet en formation; coloration au bleu coton); en 3, sommet d'asque du *L. ambigua* (*ex*, exoascus; *dex*, doublure de l'exoascus, colorable par le bleu de méthyle; *g*, couche granuleuse colorable par le rouge Congo; *i*, endoascus non colorable; *c*, constriction de l'épiplasme; *a*, anneau réfringent non colorable; *b*, bandelette annulaire non colorable; *sp*, jeune spore).

La paroi ascale est épaisse et complexe, particulièrement au sommet (*fig.* 3). On peut y reconnaître, de l'extérieur vers l'intérieur : 1° une couche externe, mince et réfringente (exoascus); 2° immédiatement au-dessous, une couche plus épaisse, moins réfringente, colorable en bleu violacé par le bleu de méthyle (doublure de l'exoascus); 3° une couche granuleuse, probablement gélifiée, mince sur les flancs de l'asque et au contraire épaissie au sommet, colorable par le rouge Congo aqueux; 4° une couche interne, non colorable (endoascus), au contraire assez épaisse sur les flancs de l'asque mais par contre, du moins dans certains cas, très amincie au sommet, comme si la couche précédente s'était épaissie à ses dépens.

L'appareil apical, souvent difficile à observer, consiste essentiellement en un anneau réfringent très mince, à lumière très large, situé tout à fait contre l'épiplasme, juste sous le sommet fortement aplati de celui-ci, et non colorable par les colorants essayés (iode, vert Janus, benzoazurine, rosazurine, bleu coton C_4B). De forme torique, cet anneau garnit intérieu-

rement une bandelette membranaire, également annulaire, qui le réunit à l'endoascus, et il est fixé au bord supérieur de cette bandelette. Faisant saillie dans l'épiplasme, il se manifeste surtout par une légère constriction sous-apicale de celui-ci. On peut admettre qu'il forme, avec la bandelette annulaire à laquelle il est rattaché, un anneau apical en deux pièces, comparables à celui d'une foule de Pyrénomycètes ascohyméniaux et de Discomycètes inoperculés. Il rappelle plus particulièrement le type *Sordaria* (2), caractérisé lui aussi par un anneau non colorable et à lumière large.

Cette structure s'est montrée constante chez les différentes espèces étudiées : particulièrement nette chez *L. purpurina* Zahlbr., *L. submadreporiforme* des Abb., *L. meristospora* Zahlbr., *L. sanguinaria* Malme, *L. ambigua* Malme, *L. benguelensis* Zahlbr., *L. chapadensis* Malme et *L. megasperma* Riddle; elle se reconnaît aussi, quoique plus discrète, chez *L. madreporiformis* Riddle, *T. eluteriæ* Sprgl. et *T. annulare* Mont. Elle est particulièrement intéressante, parce que, de la sorte, les *Laurera* et les *Trypethelium* sont les premiers Pyrénolichens chez lesquels soit observé un appareil apical du type *annellascé.* Chez les autres genres jusqu'ici étudiés : *Arthopyrenia* et *Verrucaria* il est au contraire du type à nasse apicale, c'est-à-dire *nassascé.*

On tend actuellement à appliquer aux Lichens la distinction faite par les mycologues entre *Ascoloculaires* et *Ascohyméniaux.* En ce qui concerne les Pyrénolichens, R. Santesson (3) range ainsi parmi les premiers les *Arthopyrenia* et *Dermatina*, tandis que les Verrucariacées et les Pyrénulacées sont pour lui des Ascohyméniaux de l'ordre des Sphæriales. Mais d'un autre côté M. Chadefaud, ainsi que Cl. Moreau (4), ont montré qu'à cette distinction correspond celle des *Nassascés* [=Bituniqués de E. S. Luttrell (5)], qui sont aussi, du moins en première analyse, les Ascoloculaires, et des *Annellascés* (= Unituniqués), qui sont de même les Ascohyméniaux. D'après celà, la classification établie par R. Santesson semble devoir être modifiée de la façon suivante :

1. Sont des *Pyrénolichens nassascés*, donc probablement aussi des *Ascoloculaires* (6), non seulement les *Arthopyrenia*, mais les *Verrucaria*, types des Verrucariacées, que cet auteur range parmi les Ascohyméniaux : F. Magne (7) a, en effet, décrit une nasse apicale typique chez *Verrucaria muralis* Ach.

2. Sont au contraire des *Pyrénolichens annellascés*, donc probablement aussi des *Ascohyméniaux*, les *Laurera* et *Trypethelium*, types des Trypéthéliacées. Dans l'état actuel de nos connaissances, ces deux genres sont les seuls qu'on puisse rattacher avec quelque certitude aux Sphériales, en donnant à ce terme le sens d'Ascohyméniaux pyrénocarpes, comme le fait R. Santesson.

3. Pour les autres genres, il est encore impossible de se prononcer. Tel est en particulier le cas des Pyrénulacées, que divers auteurs ont rapprochées des Trypéthéliacées, mais au sujet desquelles de nouvelles recherches sont nécessaires.

(1) M. Chadefaud, *Ost. Bot. Zeitschr.*, 100, 1953, p. 537.

(2) M. Chadefaud, *Revue de Mycologie*, 7, 1942, p. 57 et *Bulletin de la Société mycologique de France*, 71, 1955, p. 323.

(3) *Proceedings of the 7th International Botanical Congress*, Stockholm, 1950, p. 809.

(4) *Thèse de Doctorat*, Paris, 1950.

(5) *University of Missouri studies*, 24, n° 3, 1951.

(6) A moins toutefois qu'il puisse y avoir des *Nassascés ascohyméniaux*, ce que certaines observations semblent indiquer.

(7) *Revue Bryologique et Lichénologique*, 15, 1946, p. 203.

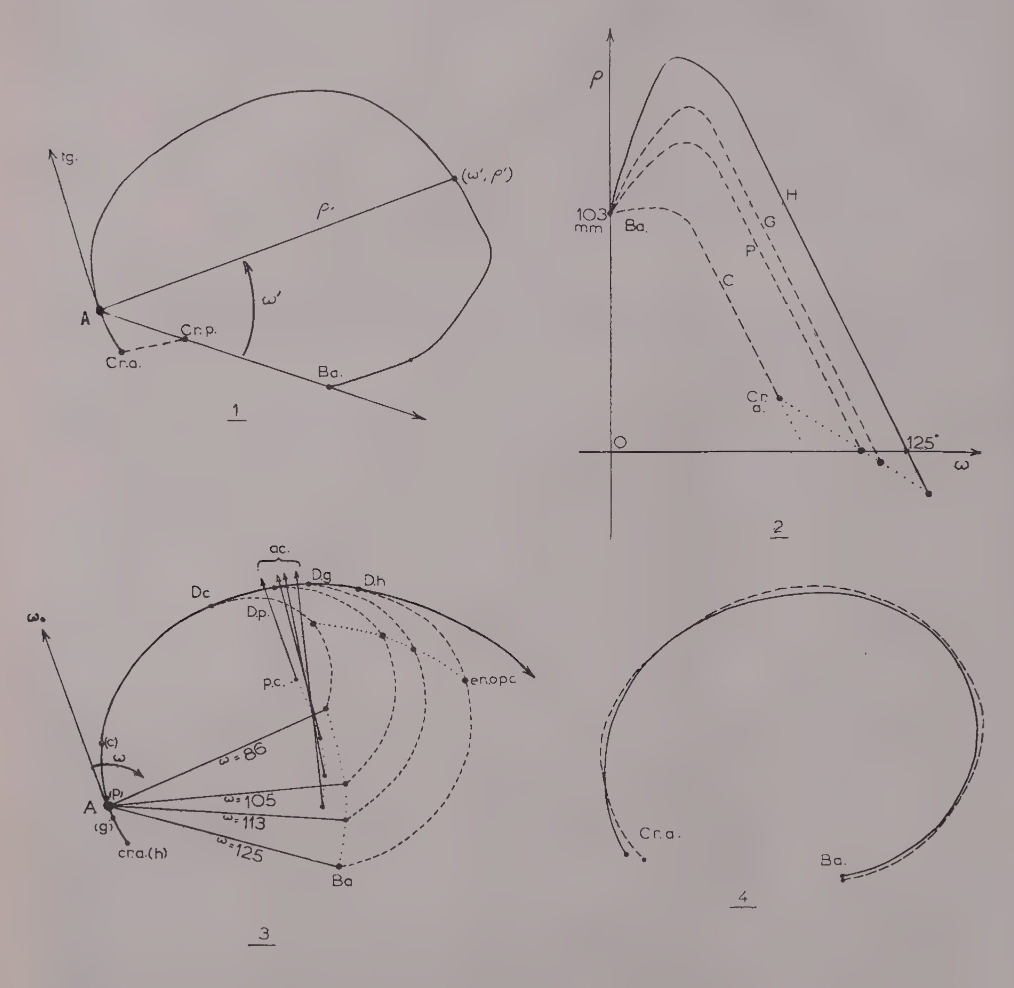
ANATOMIE. — *Formule générale de la courbe endocranienne sagittale des Mammifères.* Note de M. **Raphaël Fenart**, présentée par M. Robert Courrier.

Une formule générale de l'enroulement du crâne des Mammifères peut être établie à l'aide de coordonnées unipolaires.

La droite obtenue en joignant le point criblé postérieur au Basion coupe la courbe ou son prolongement antérieur en un point A (*fig.* 1) : (Profil humain).

Le point A et la droite précédente étant considérés comme origines *provisoires* d'un système de coordonnées unipolaires, on représente dans un graphique (*fig.* 2) en coordonnées rectangulaires, les variations des coordonnées polaires de la courbe précédente (en traits pleins). On obtient une courbe dont la portion fronto-pariétale est une droite, ce qui permet de conclure que la courbe réelle est partiellement composée d'une spirale d'Archimède. Si l'on recommence avec plusieurs Mammifères adultes : Gorilla, Papio et Canis, dont le crâne a été réduit à une commune mesure de la droite : point A-Basion, les courbes transformées (en tirets) possèdent toutes une portion rectiligne d'inclinaison constante, mais vérifiée à partir d'un point situé plus ou moins bas. Une translation dans la figure 2 permettrait de confondre les portions fronto-pariétales des courbes transformées. Ce qui signifie que les courbes fronto-pariétales réelles, sur crânes réduits à : Basion-Point A commun, se déduisent l'une de l'autre par rotation autour du point A. La spirale d'Archimède commune a été prise de façon que la valeur : A-Basion = 103 mm (valeur humaine moyenne). La position de l'origine *définitive* de la courbe du crâne est donnée par le point A et la tangente au point A à la spirale. La position de la droite Basion-point A par rapport à cette

tangente (origine commune) est donnée pour chaque animal par un angle qui peut se lire directement sur le graphique 2 avec une bonne précision : c'est l'abscisse du point d'intersection de l'axe des abscisses avec la droite fronto-pariérale. Cet angle sera appelé : ω_{Ba}. La portion de la courbe cranienne vérifiant la spirale ira du point criblé antérieur (situé sur le rayon ω_{Cr}) au point dit : de décrochage (sur le rayon ω_D).



Pour étudier la partie postérieure de la courbe (au-delà du point de décrochage, et ne répondant plus à une spirale), il a fallu faire, sur les courbes transformées, la différence, pour une abscisse donnée, entre l'ordonnée de la spirale transformée supposée vérifiée, et l'ordonnée de la courbe transformée. Cette différence évolue à la manière d'une portion de parabole. Ces notions transplantées dans la courbe réelle permettent alors d'exprimer la formule générale du crâne, du point de décrochage au Basion.

La formule générale sera exprimée en deux portions.

$$\rho = \Big|_{\omega_{Cr}}^{\omega_D} 2{,}05\,\omega \Big| + \Big|_{\omega_D}^{\omega_{Ba}} \frac{41\,\omega - (\omega - \omega_D)^2}{20} \Big|.$$

Cette formule, simplifiée à l'extrême, donne les longueurs ρ, en millimètres en fonction d'angles ω en degrés, plus familiers aux Anthropologistes.

Les relations entre les coefficients s'expriment en fonction de la position du Basion :

$$\omega_{Cr} = -0{,}57\,\omega_{Ba} + 62{,}5 \qquad \text{et} \qquad \omega_D = \omega_{Ba} - \sqrt{41\,\omega_{Ba} - 2060}.$$

L'endopisthocraníon se trouve sur le rayon : $\omega = \omega_D + 20{,}5$.

La position vestibulaire de la courbe est donnée par : l'Acrion (situé sur la spirale) :

$$\omega_{Ac} = 0{,}128\,\omega_{Ba} + 45$$

et le point « central » (p. c.) des axes vestibulaires, par ses coordonnées :

$$\omega_{p.c.} = 0{,}871\,\omega_{Ba} + 1{,}1 \qquad \text{et} \qquad \rho_{p.c.} = -0{,}128\,\omega_{Ba} + 109.$$

A titre indicatif, ω_{Ba} qu'il suffit de déterminer pour connaître le reste, est de : 125 pour Homo, 113 pour Gorilla, 105 pour Papio, 86 pour Canis, etc.

La figure 3 montre cet « enroulement spiral » de la courbe (portion spirale en trait plein). Pour appliquer la formule aux Ongulés, il faudrait changer les coefficients.

Les courbes théoriques sont très proches des courbes vraies. La figure 4 montre la superposition du profil humain théorique avec celui du profil moyen, donné par Papillault, de 20 crânes de Parisiens.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Du rôle complexe des stimuli lumineux dans le comportement de* Blattella germanica. Note de M. **Michel Goustard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Dans un travail antérieur ([1]), j'ai montré que la réaction à la lumière de la Blatte présente les caractéristiques d'un tropisme négatif : orientation photonégative, et vitesse de locomotion proportionnelle au logarithme de l'intensité lumineuse.

Cependant, les conditions de l'environnement, en particulier la structure du champ que parcourt l'Insecte, peuvent entraîner la dissociation des deux déterminismes d'orientation et d'excitation : l'Insecte photonégatif, après avoir présenté une taxie négative, progresse dans un gradient lumineux croissant si la structure du champ de parcours est telle qu'il ne peut fuir indéfiniment la lumière. L'objet de cette Note est de préciser le rôle des stimuli lumineux dans cette phase de la réaction.

Le dispositif expérimental est constitué d'une allée droite de 35 cm de long, perpendiculairement à laquelle des allées rectilignes de 7 cm chacune sont disposées face à face, et à égale distance les unes des autres; l'ensemble est éclairé par une lampe de puissance variable, placée à 25 cm de hauteur au-dessus de l'une des extrémités du champ de parcours. On obtient ainsi un gradient d'éclairement dans lequel la Blatte progresse.

La lumière excite l'Insecte, et cette excitation croît proportionnellement au logarithme de l'intensité lumineuse. Elle est produite par la lumière incidente, par la lumière réfléchie par l'espace de parcours et son environnement. Cette réaction n'est pas déterminée par la stimulation d'un récepteur spécifique; c'est la réponse à une excitation globale de l'organisme.

En outre, la lumière guide la Blatte de deux façons différentes. D'abord, au niveau du gradient local. Ce mode de réaction ne dépend pas de la valeur absolue de l'intensité lumineuse, mais de la répartition relative des éclairements. Son déterminisme est complexe : toute exclusion par ablation ou vernissage d'un organe sensoriel, tel que les antennes, les yeux, les ocelles, ou la sensibilité extra-oculaire perturbe la réaction, laquelle dépend d'un équilibre général dans les diverses sensibilités, extéroceptive et proprioceptive.

De plus, la lumière oriente la Blatte à distance, par le jeu d'un conditionnement. Le déterminisme de l'ajustement sensorimoteur du comportement dépend de l'association de la lampe et de l'abri obscur, et sur le plan du mécanisme physiologique, de l'excitation du complexe oculo-ocellaire. L'apprentissage se produit tardivement si l'abri n'est pas placé sous la lampe; il est très rapide dans le cas contraire. L'association de la lampe et de l'abri est donc primordiale; elle possède certaines caractéristiques qui permettent de déterminer le caractère spécifique de l'apprentissage de la Blatte.

En effet, lorsqu'on déplace simultanément, au cours des expériences successives, la lampe et l'abri obscur, de telle manière que la répartition relative des éclairements ne subisse aucune modification, sauf une inversion de part et d'autre de l'allée droite, l'apprentissage ne se réalise que pour 15 % des sujets; dans 85 % des cas, aucun apprentissage sensorimoteur significatif ne se réalise.

Ces expériences permettent d'établir le rôle joué par la lumière et par l'environnement dans la régulation du comportement de la Blatte. La dissociation des processus d'orientation et de la réaction locomotrice est un phénomène fondamental, signalé par Grison ([2]) chez le Doryphore, Insecte photopositif. Ce fait présente une grande importance pour la théorie générale du phototropisme, puisqu'il semble que l'impulsion motrice orientée ne puisse se confondre avec la photocinèse.

Elles précisent également le rôle directeur de la lumière. La réaction

de la Blatte rappelle une télotaxie, c'est-à-dire un mouvement orienté vers une source de stimulation comme si celle-ci était un but, à cette différence que cette orientation est due à un conditionnement, et un skoto-tactisme ou réaction à la différence d'albédo.

La lumière joue un rôle de signal; toutefois la réponse sensori-motrice déclenchée et orientée par les stimuli lumineux n'est pas déterminée par la simple association de la lampe et de l'abri, mais par l'ensemble des stimuli du champ spatial de parcours et de son environnement. A cet égard, l'ajustement sensori-moteur ou apprentissage chez la Blatte rappelle un apprentissage de position plutôt qu'un apprentissage de réponse au sens où l'École américaine entend ce terme.

Enfin, les sujets se répartissent en deux groupes principaux; ce fait indique que la discrimination sensorielle varie suivant les Insectes, et que les variables de l'environnement jouent au même titre que la lumière dans la réaction de la Blatte aux stimuli externes.

(1) *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 1517.
(2) *C. R. Soc. Biol.*, **77**, p. 174-195.

PSYCHOPHYSIOLOGIE. — *Étude du phototropisme de* Triphæna pronuba *L.* (*Lépidopt.* phalænidæ). *Mise en évidence d'un seuil minimum de réaction.* Note de M. **Claude Dufay**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Nous avons cherché à étudier l'influence de l'éclairement en lumière blanche sur le phototropisme d'une Noctuelle très commune : *Triphæna pronuba* L.

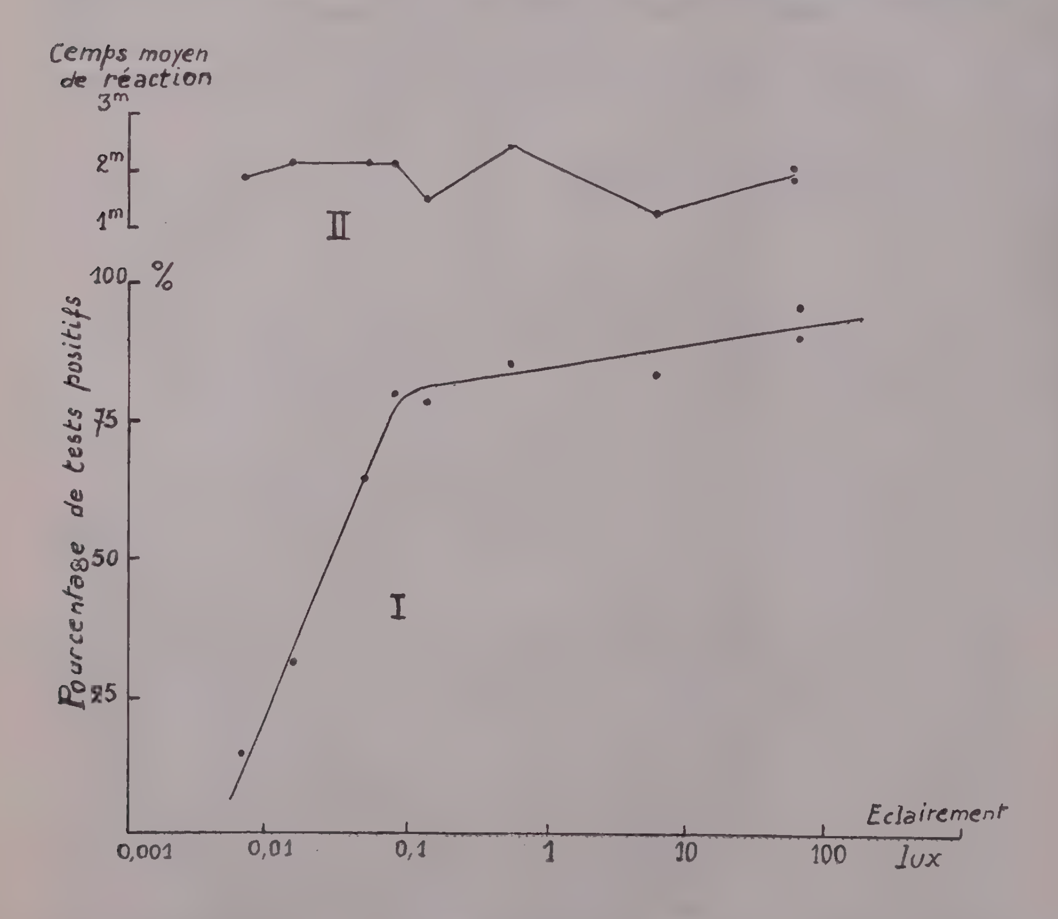
Une lampe à filament de tungstène (6 V, 40 W) placée dans une boîte opaque au foyer d'une lentille collimatrice de 9 cm de diamètre, envoie à 7 m un faisceau parallèle dans une cage noircie de $60 \times 80 \times 50$ cm, grillagée sur deux côtés, vitrée sur les deux autres. Des gélatines neutres permettent de faire varier l'éclairement du faisceau dans le rapport de 1 à 10 000 sans modifier sensiblement la température de couleur de la lampe, voisine de 2 270° K. Les courbes de transmission de ces filtres ont été tracées avec un spectrophotomètre photoélectrique : les facteurs de transmission varient très peu entre 0,45 et 0,70 μ; ils diminuent vers l'ultraviolet (où l'émission de la lampe est très faible) et augmentent brusquement vers l'infrarouge entre 0,7 et 0,8 μ. Mais nous avons vérifié que la Noctuelle réagit peu ou pas du tout à cette région spectrale.

Les éclairements produits au niveau du grillage de la cage sont évalués en lux par comparaison avec celui d'une lampe étalon de 1 cd.

Avant d'être soumis à un test, chaque Papillon, capturé peu de temps auparavant, est isolé et laissé au repos à l'obscurité totale pendant une durée constante de 5 à 7 h. Nous avons constaté en effet, en faisant varier ce temps,

que la photostimulation et le temps de réaction en dépendent étroitement et qu'ils présentent un optimum après un séjour à l'obscurité de 3 à 10 h. Chaque Noctuelle ne sert jamais à deux tests successifs. Tout autre stimulus que la lumière du faisceau est évité. Toutes les expériences sont faites à une température constante entre 20 et 21°, et au même moment de la journée.

Il existe des variations individuelles considérables dans le comportement photocinétique de ce Lépidoptère, comme cela a souvent été signalé pour tous les animaux dont les réactions ont été étudiées avec précision. Pour un même éclairement, certains individus ne présentent aucune réaction phototropique, d'autres au contraire subissent une photostimulation intense. Tous les intermédiaires entre ces cas extrêmes se rencontrent. Le temps de réaction varie aussi.



Le test est considéré comme positif quand la Noctuelle, introduite en un endroit invariable de la cage, en dehors du faisceau lumineux, vole dans le faisceau ou s'immobilise sur la partie éclairée du grillage de la cage. En pratiquant un nombre élevé d'expériences, il est possible d'établir la proportion des

tests positifs par rapport au nombre total des tests. La moyenne des temps de réaction peut, elle aussi, être alors calculée.

Pour un éclairement E du faisceau compris entre 70 et 0,07 lux environ, la proportion des tests positifs reste à peu près constante, supérieure ou égale à 80 % (*voir* le graphique 1, établi sur 180 expériences). Au-dessous de 0,07 lux, le pourcentage baisse rapidement et tombe à 25 % à 0,007 lux. Il existe donc une valeur critique de l'éclairement du faisceau, de l'ordre de 0,1 lux, au-dessous de laquelle le phototropisme devient bien moins fréquent. Ce seuil de réaction phototropique n'est d'ailleurs pas absolu, puisque certains individus réagissent encore à un éclairement dix fois plus faible. Il est bien supérieur à celui qu'a obtenu G. Richard (1) sur les larves du Termite *Calotermes flavicollis* Fab. : 0,015 lux.

Mais le stimulus lumineux commence à agir sur la Noctuelle lorsqu'elle est placée en dehors du faisceau de lumière, où elle ne reçoit que la lumière diffusée par la partie éclairée du grillage de la cage. Des mesures faites avec une cellule photoélectrique ont montré que l'éclairement E′ à l'endroit où elle est introduite, est environ 350 fois plus petit que E. La valeur qui correspond à l'éclairement critique $E = 0,1$ lux est donc voisine de $E' = 0,0003$ lux, soit de l'ordre de grandeur de l'éclairement produit sur un plan horizontal par le ciel nocturne sans lune.

Le graphique 2 montre que le temps moyen de réaction, mesuré sur les Papillons phototropiques, ne varie pas d'une manière significative en fonction de l'éclairement dans les limites étudiées.

(1) *Thèse*, Paris, 1951, p. 519.

NUTRITION. — *Analyse des manifestations de l'anabolisme gravidique par l'étude du foie et du contenu utérin. Cas des régimes pauvres en azote.* Note (*) de Mlle **Geneviève Bourdel** et M. **Raymond Jacquot** (1), présentée par M. Robert Courrier.

Lorsque l'apport d'azote est limité au taux de l'entretien, l'importance numérique des portées est réduite, mais les fœtus survivants sont normaux du point de vue poids et composition. La gestation se solde alors sans perte ni profit pour la mère. Au contraire, celle-ci réalise un bénéfice important si on élimine les fœtus en laissant en place les placentas vivants.

Comme nous l'avons précédemment démontré (2), la présence de placentas fonctionnels est nécessaire et suffisante au maintien de l'anabolisme gravidique qui se manifeste en dépit de conditions nutritionnelles défavorables. Pour mettre en évidence les facultés anabolisantes des gestantes, nous avions jusqu'ici fait appel à la méthode des bilans. Il

nous a semblé intéressant d'analyser la répartition azotée dans l'organisme maternel en fonction de la présence ou de l'absence des fœtus.

Une vingtaine de rattes adultes (200 g environ) et primipares sont mises en bilan et nourries *ad libitum* pendant 15 jours afin de déterminer leur besoin azoté d'entretien. Après quoi elles reçoivent pendant six semaines une ration d'azote correspondant à ce besoin, les autres éléments du régime étant alloués *ad libitum*. Puis les rattes sont accouplées et réparties en quatre lots :

Lot I. — Gestation normale : ablation de deux fœtus, le reste de la portée étant laissé en place; ces animaux sont des gestantes véritables ayant subi un choc opératoire comme les lots suivants.

Lot II. — Dissociation fœto-placentaire : ablation de tous les fœtus en laissant en place tous les placentas.

Lot III. — Dissociation fœto-placentaire et castration.

Lot IV. — Interruption de gestation par ablation de l'œuf entier.

Les animaux sont sacrifiés au 21ᵉ jour après l'accouplement. L'analyse porte sur la teneur en azote du foie, de l'utérus et de l'œuf entier (fœtus, liquides et placentas) dans le lot I, ou des placentas dans les lots II et III.

Foie. — Les résultats sont les suivants :

Lots.	Poids vif (g) (*).	Poids du foie (g).	Poids du foie pour 100 g de poids vif (g).	N pour 100 g de foie frais (g).	N total du foie pour 100 g de poids vif (mg).
I	248	8,875	2,79	2,70	96,6
II	227	8,795	3,87	2,86	111
III	223	7,960	3,56	2,73	97,4
IV	208	6,559	3,15	3,26	102

(*) Fœtus et placentas compris.

Alors que la gestation détermine chez la ratte largement ravitaillée en azote une augmentation importante de la masse hépatique, il n'en est pas de même si l'apport d'azote est strictement limité au taux de l'entretien. Les gestantes du lot I ont un foie dont le poids a augmenté, mais le rapport biométrique Poids du foie/Poids vif n'est pas accru; au contraire, il est plus faible que normalement. Par là même, le potentiel azoté hépatique est faible, ce qui concorde avec les données du bilan qui montrent que, compte tenu de l'azote nécessaire à l'édification des produits de la conception et au développement de l'utérus, les rattes du lot I n'ont retenu à leur propre bénéfice qu'environ 16 mg d'azote en 21 jours (²). Si on élimine les besoins du fœtus (lot II), l'anabolisme gravidique maintenu par la présence des placentas s'inscrit au niveau du foie par un gain d'azote marqué tant en valeur absolue que relative (les bilans indiquent pour la mère un gain net

de 158 mg de N pour 21 jours). Les animaux castrés du lot III avaient un foie gras manifeste; on sait, en effet, que les œstrogènes jouent le rôle de facteur « lipotrope » en cas de déficience azotée ([3]); toutefois les bilans indiquent pour la mère un gain net de 65 mg de N pour 21 jours. Les résultats du lot IV sont difficiles à interpréter puisque le poids relatif du foie diminue alors que sa teneur en azote est élevée. En corrélation avec cette dernière observation, les bilans montrent une importante rétention d'azote au cours des douze premiers jours de la gestation. L'ablation de l'œuf ramène les bilans à l'équilibre azoté, mais le gain réalisé précédemment demeure acquis.

Fœtus et annexes. — Dans le lot I le poids moyen des portées (fœtus, liquides, enveloppes et placentas) est de 16,178 g. Or, l'augmentation du poids vif des mères atteint 30 g. D'autre part, les portées contiennent en moyenne 238 mg d'azote, alors que les mères en retiennent environ 254 mg au cours de la gestation (bilan interrompu pendant 48 h après l'intervention). Même en cas de restriction azotée, l'anabolisme gravidique est assez puissant pour faire face aux dépenses afférentes à l'édification des portées sans toucher à l'intégrité des tissus maternels. Cependant la carence protidique n'est pas sans effet sur le sort des embryons : la moyenne des implantations dénombrées au moment de l'intervention était de 11 alors qu'en fin de gestation la moyenne des fœtus vivants était de 3,4. La pauvreté du régime en azote conduit donc à un pourcentage élevé de résorption *in utero*, ce qui est un phénomène déjà connu ([4]), ([5]). Le poids moyen de l'œuf entier est de 4,816 mg (valeurs extrêmes : 4,501 et 5,06) et sa teneur en azote de 71,1 mg (valeurs extrêmes : 60,3 et 79,3), valeurs conformes à celles trouvées précédemment chez des mères largement ravitaillées en azote, soit respectivement 5,02 g et 78,1 mg ([6]).

C'est à nouveau la preuve que la restriction d'azote ne s'inscrit pas sur le poids et la teneur en azote des fœtus, mais se manifeste sur leur nombre.

Dans les lots II et III, la dépense azotée représentée par les placentas vivants est minime : 26 mg pour le lot II et 57 mg pour le lot III. Dans ce dernier lot (dissociation et castration) les placentas sont beaucoup plus gros; c'est un fait connu et signalé par plusieurs auteurs ([7]). Cependant l'enrichissement en azote de ces placentas est inférieur à leur accroissement pondéral (teneur en N par gramme de placenta : 27,1 mg dans le lot II; 18,2 mg dans le lot III). Il ne s'agit donc pas d'une croissance vraie correspondant à une proétinogenèse plus intense.

Utérus. — Dans les lots I, II et III, le poids de l'utérus augmente avec une forte prépondérance pour le lot I (gestantes vraies), soit en moyenne : 3 g dans le lot I, 1,4 g dans le lot II et 1,3 g dans le lot III alors que le poids de l'utérus de la ratte au repos est de l'ordre de 0,5 g. Les teneurs

en azote par gramme de tissu frais sont respectivement de 22, 23 et 21 mg, contre 22 mg au repos sexuel. On peut donc conclure à une croissance vraie.

Conclusions. — Quand on limite l'apport azoté au taux de l'entretien, la restriction d'azote, bien qu'influençant le nombre des portées, ne retentit ni sur le poids et la teneur en azote des fœtus, ni sur l'intégrité des tissus maternels. La gestation se solde alors sans perte ni profit pour la mère. Bien que modeste, le besoin azoté du fœtus est prioritaire et les réserves protidiques que la gestante peut accumuler en vue de la lactation sont entièrement fonction de l'apport alimentaire. Au contraire, la mère réalise un bénéfice important si on élimine les fœtus en laissant en place les placentas vivants. Dans ces conditions l'anabolisme gravidique se traduit par un accroissement de la masse hépatique qui correspond à une véritable réserve d'azote et cela malgré des conditions nutritionnelles défavorables.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) Avec la collaboration technique de Mme M. A. de Saintaurin.

(2) *Comptes rendus*, **243**, 1956, p. 310.

(3) *Arch. of Biochem.*, **22**, 1949, p. 108.

(4) *New England J. Med.*, **209**, 1933, p. 1105.

(5) *Contr. Embryol. Carnegie Inst.*, **11**, 1920, p. 91.

(6) *Arch. Sc. Physiol.*, **10**, 1956, p. 173-193.

(7) *J. Endocrin.*, **9**, 1953, p. 68.

CYTOLOGIE. — *Mise en évidence de l'ergastoplasme dans les leucophagocytes d'un Insecte* Gryllus domesticus (*Orthoptère*, Gryllidæ). Note de M. **André Berkaloff**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Parmi les constituants de la cellule, il en est de constants, tels le noyau, les mitochondries, l'appareil de Golgi, et d'autres, transitoires, dont la présence est liée à un état fonctionnel de la cellule. Ceci est notamment le cas de l'ergastoplasme, ou reticulum endoplasmique mis pour la première fois en évidence par Garnier en 1897 (1), (2) qui en fit une étude remarquable, étant donné les moyens dont il disposait et observa, notamment, les relations étroites existant entre cette formation cytoplasmique et le noyau.

Cette découverte sombra, ou presque, dans l'oubli, et ce sont les travaux récents de l'école de Ch. Oberling (1951, 1952, 1953) (3), (4), (5) et de G. E. Palade (1952) (6), F. S. Sjöstrand (1953, 1954) (7), (8), exécutés à l'aide du microscope électronique qui ont permis de comprendre la véritable structure de cette formation.

L'ergastoplasme, tel que l'avait vu Garnier en microscopie optique, est formé de lames basophiles groupées en faisceaux ou enroulées en sphères généralement au voisinage même du noyau, ce sont les *Nebenkern* des auteurs allemands, ou *parasomes.*

Les premières images d'ergastoplasme (*pro parte*) obtenues par Oberling et ses collaborateurs entre 1951 et 1953, et par Palade (1952) [6] furent interprétées par leurs auteurs comme correspondant à des structures fibrillaires. C'est plus tard seulement que l'ergastoplasme fut reconnu comme étant composé de lames en relation avec des granules osmiophiles (grains de Palade).

A notre connaissance, l'ergastoplasme n'a, jusqu'à présent, été observé que chez les Vertébrés, plus particulièrement dans les glandes exocrines.

Nous croyons avoir mis, pour la première fois, cette structure en évidence, grâce au microscope électronique, dans des phagocytes de *Gryllus domesticus* faisant partie d'un nodule phagocytaire. Dans certaines de ces cellules, en effet, occupant la majeure partie du cytoplasme, s'observent des lamelles de 200-250 Å d'épaisseur, sur lesquelles, ou à proximité desquelles, se trouvent de nombreux granules très osmiophiles de 150 à 200 Å de diamètre. Dans le cytoplasme, on observe plusieurs piles de lames dont l'ensemble correspond aux *Nebenkern* classiques et dont le contour est souvent parallèle à celui de la membrane nucléaire (*Pl. I, fig.* 1).

Ces lames sont limitées par deux membranes, plus osmiophiles que leur contenu, distantes l'une de l'autre de 200 à 250 Å sur la majeure partie de leur parcours.

En de nombreux endroits, on observe cependant des renflements (*cisternæ*) le plus souvent terminaux (*Pl. I, fig.* 1 et 2). Les lames sont souvent anastomosées entre elles.

De très fins granules (150 à 200 Å de diamètre) sont accolés aux lames. Ces grains se trouvent à l'extérieur des membranes limitant les lames, et non, comme dans certains autres cas décrits, à l'intérieur de celles-ci. A proximité des structures lamellaires on observe souvent des grains isolés ou groupés (*Pl. I, fig.* 2 à droite). En d'autres endroits des masses osmiophiles à contours irréguliers sur lesquelles se trouvent des amas de grains nous semble correspondre à des coupes tangentielles de lames ergastoplasmiques. Les grains peuvent affecter à leur surface des dispositions régulières rappelant les « rosettes » de Palade.

Dans le cytoplasme, au voisinage des *Nebenkern*, sont parfois disposés de gros grains ellipsoïdaux (800 mμ sur 600 mμ) (*Pl. II, fig.* 3), fortement osmiophiles. Sont-ils en relation avec l'activité de l'ergastoplasme? Il est difficile pour le moment de répondre à cette question.

Signalons encore la présence, en certains points, de groupes de vésicules de 300 à 600 Å de diamètre dont la signification nous échappe.

La présence chez *Gryllus domesticus* d'un ergastoplasme en tous points comparable à celui des cellules sécrétrices des Vertébrés montre qu'il s'agit là d'une formation dont la présence est certes inconstante, mais qui, lorsqu'elle existe, conserve un aspect identique dans des groupes zoologiques très divers.

Un second point sur lequel nous désirons attirer l'attention est que l'ergastoplasme n'ayant été décrit jusqu'à présent que dans des cellules sécrétrices de Vertébrés il semble probable que les cellules phagocytaires de *Gryllus domesticus* dans lesquelles nous venons de le mettre en évidence aient également une activité sécrétrice. Cette opinion, implicitement admise depuis longtemps, trouve de la sorte un nouvel argument en sa faveur.

(1) Garnier, *Bibliographie Anatomique*, 1897.
(2) Garnier, *Journal d'Anatomie et de Physiologie*, **36**, 1900, p. 22-89.
(3) W. Bernhard, A. Gautier et C. Oberling, *C. R. Soc. Biol.*, **145**, 1951, p. 566-569.
(4) W. Bernhard, F. Haguenau, A. Gautier et C. Oberling, *Z. Zellforsch.*, **37**, 1952, p. 281-300.
(5) C. Oberling, W. Bernhard, A. Gautier et F. Haguenau, *Presse Méd.*, **61**, 1953, p. 719.
(6) G. E. Palade, *J. Exp. Med.*, **95**, 1952, p. 285.
(7) F. S. Sjöstrand, *Nature*, **171**, 1953, p. 31.
(8) F. S. Sjöstrand, *Exp. Cell. Res.*, **7**, 1954, p. 393.

LÉGENDES DES FIGURES.

Planche I.

Fig. 1. — Cellules phagocytaires de *Gryllus domesticus* à un faible grossissement : × 20 000 (direct × 8 000). Au centre, le noyau *N*, entouré par les *Nebenkern*, dont les lames, plus ou moins fragmentées, conservent néanmoins une orientation assez régulière par rapport au noyau. Remarquer, sur la droite, quelques granules osmiophiles (grains de sécrétions en relation avec l'ergastoplasme ?).

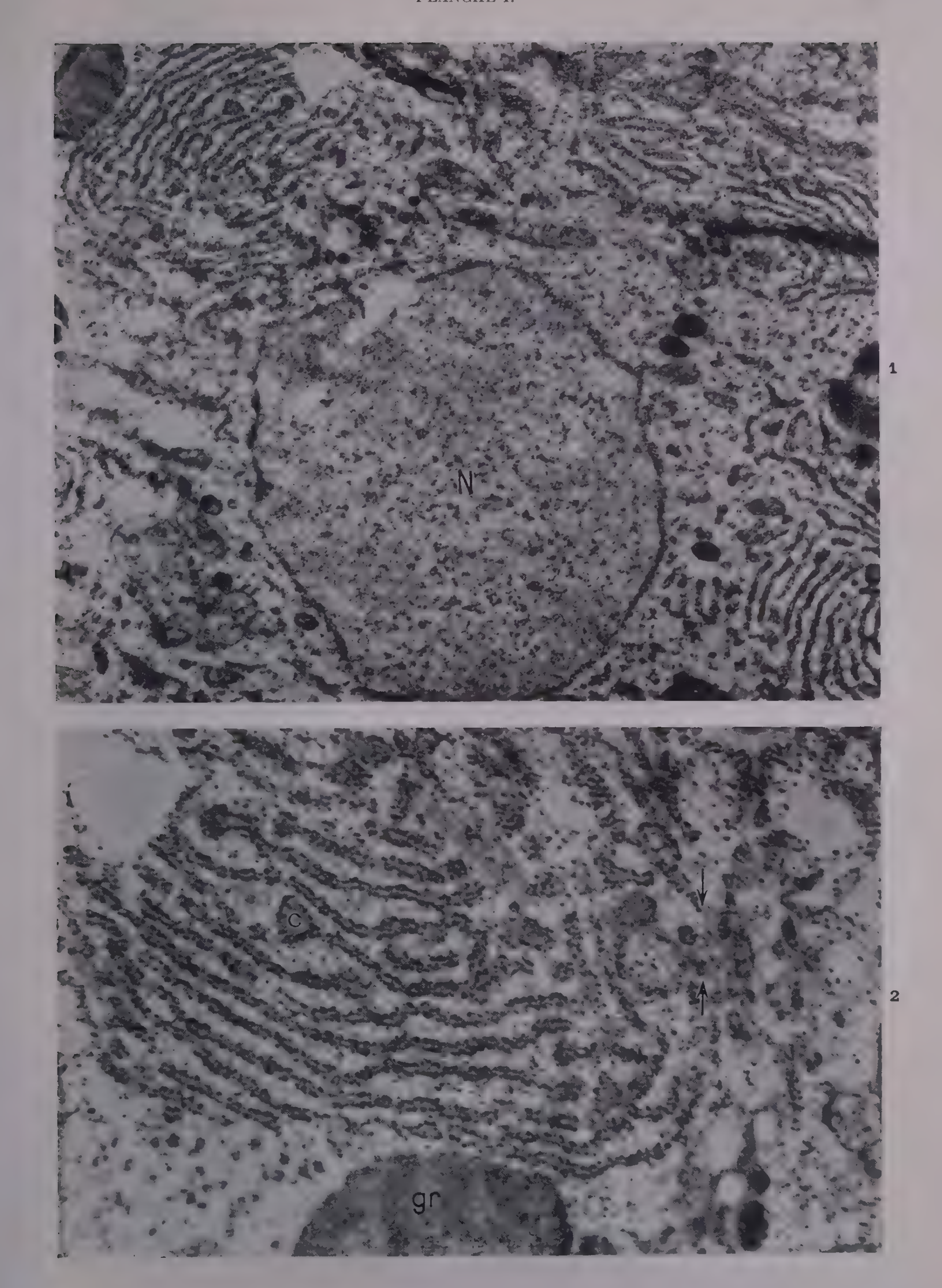
Fig. 2. — Portion agrandie d'un parasome de la cellule précédente : × 44 000 (direct × 17 300). En de nombreux points, les lames ergastoplasmiques sont dilatées à leur extrémité (*c*). Tout en bas de la micrographie se trouve une portion d'un gros grain de sécrétion osmiophile (*gr*). Remarquer sur la droite les très nombreux grains dispersés dans le cytoplasme, et sans rapport, semble-t-il, avec des lames. Sur la droite également, entre les deux flèches, s'observent quelques vésicules dont les parois sont, dépourvues de grains de Palade, et dont la signification nous échappe.

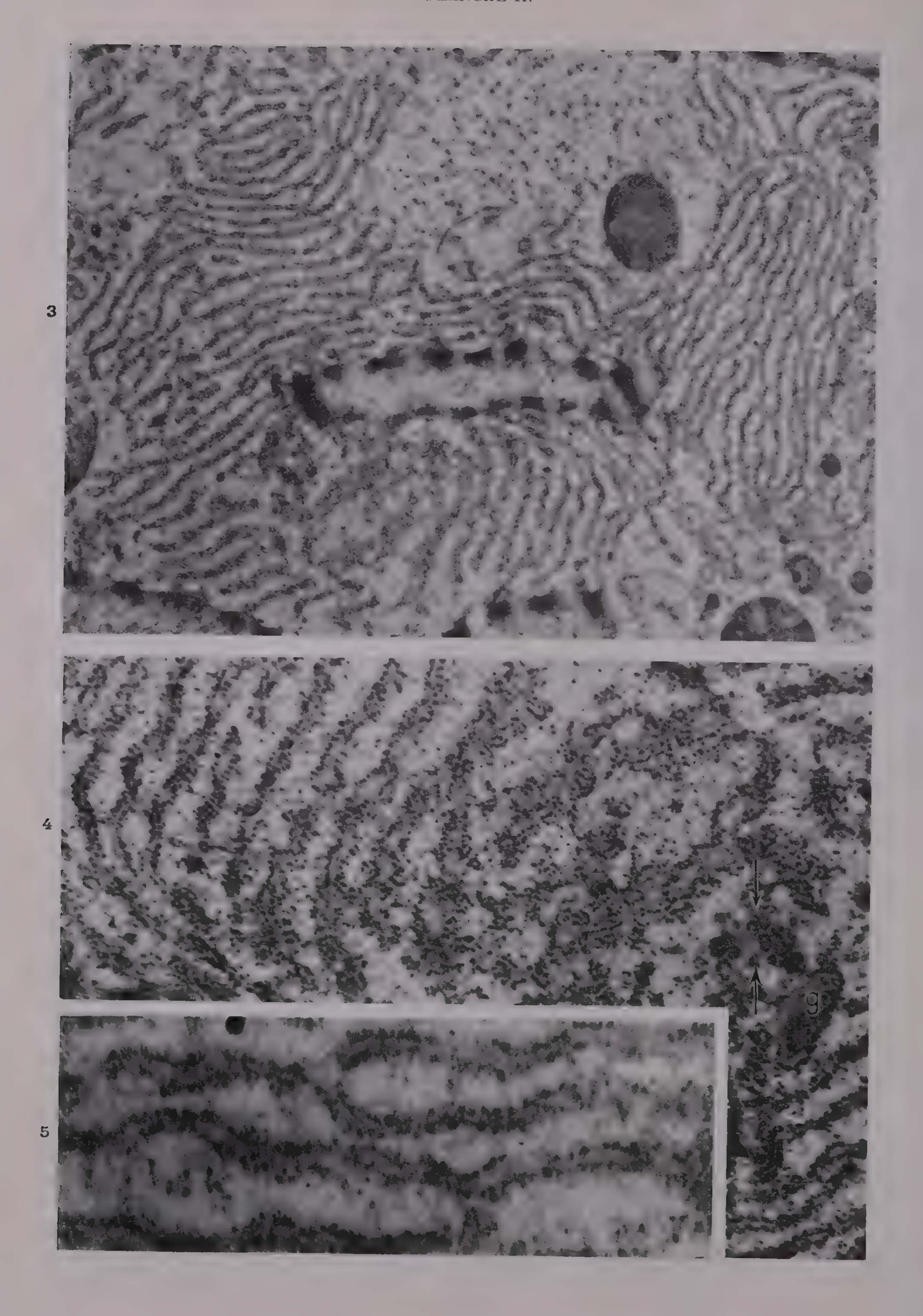
Planche II.

Fig. 3. — Ergastoplasme d'une autre cellule sanguine de *Gryllus domesticus* : × 20 000 (direct × 8 000) Noter l'importance de cette formation qui occupe presque tout le cytoplasme et la présence de gros granules osmiophiles de tailles diverses.

Fig. 4. — Portion plus grossie de la préparation précédente : × 44 000 (direct × 17 300). Les grains de Palade associés aux lames y apparaissent en toute netteté. Vers la droite, des lames, sans doute coupées tangentiellement présentent un contour irrégulier. De nombreux grains y sont accolés, parfois groupés en « rosettes ». Dans le cytoplasme, on observe également des grains épars. En *g*, se voit un gros grain de sécrétion osmiophile entouré de granules de Palade. Peut-être s'agit-il d'un stade intermédiaire de formation des gros grains osmiophiles précédemment décrits. A gauche de *g*, noter la présence de vésicules (entre les deux flèches).

Fig. 5. — Portion très grossie de lames ergastoplasmiques × 75 000 (direct × 30 000). On y observe, les lames limitées par deux membranes osmiophiles et les grains de Palade accolés extérieurement à ces membranes.


N
1
C
gr
2


3
4
5
g

ZOOLOGIE. — *Existence d'une région à épithélium gastrique dans le tube digestif de l'alevin de Gardon* (Leuciscus rutilus *L.*). Note de M. **François Bernard**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On peut mettre en évidence, chez l'alevin de Gardon, une région caractérisée par un épithélium gastrique et servant de point de départ au canal pneumatique. Cette région tend à disparaître au cours de la croissance.

Chez divers Cyprinides adultes, où l'absence d'estomac est bien connue, certains auteurs ont constaté la présence, dans la zone limite entre pharynx et intestin, de cellules spéciales, plus ou moins rares et isolées, différentes des cellules intestinales typiques, mais appartenant à un épithélium simple. Ces cellules, brièvement signalées chez *Campostoma* par M. D. Rogick (1) et chez *Cyprinus carpio* par E. Curry (2), ont été interprétées par M. Rauther, chez *Squalius* et *Carassius* (3), comme pouvant être les restes d'un ancien territoire gastrique.

Au cours de recherches sur l'organogenèse du tube digestif chez le Gardon, il est apparu qu'une région gastrique se formait chez le jeune alevin. Cette région est particulièrement différenciée dans les alevins de 14 à 15 mm, qui, pêchés environ un mois après l'éclosion, ont achevé depuis deux semaines au moins la résorption du vitellus et s'alimentent activement; ils possèdent un tube digestif d'environ 6 mm décrivant déjà une courte boucle au milieu de l'intestin.

Des coupes transversales sériées montrent en effet l'existence de trois régions dans la portion antérieure du tube digestif. La région la plus antérieure comporte un épithélium stratifié, renfermant de grandes cellules à mucus, claires et vacuolaires, et représente le pharynx qui est muni d'une épaisse musculature striée. La région postérieure est un intestin caractéristique, avec une musculature lisse très mince et un épithélium constitué de cellules cylindriques à plateau apical strié, dont le cytoplasme finement granuleux contient un noyau presque médian. A ce stade, cet intestin conserve à son début l'aspect embryonnaire d'un territoire en voie de prolifération : les cellules caliciformes y sont très rares, et les cellules cylindriques y sont peu différenciées et claires, mais nettement reconnaissables. Entre les deux régions précédentes, il existe une région intermédiaire, recouverte par un épithélium simple dont les cellules, cylindriques, ont un noyau tout à fait basal, et un bord apical mince, bombé par un bouchon muqueux homogène qui remplit la moitié supérieure du cytoplasme : ce sont des « cellules à bouchon » caractéristiques de l'épithélium gastrique. Par contre, il n'y a ni glandes ni pylore. La coloration par l'Azan-bleu de Heidenhain met particulièrement bien en évidence

cette zone intermédiaire qui tranche par ses bouchons muqueux colorés en bleu vif sur les régions pharyngienne et intestinale, toutes deux nettement plus claires.

Le maximum d'extension (et de différenciation) de cette zone à épithélium gastrique s'observe sur la ligne médiodorsale du tube digestif : elle remplit là un sillon bien marqué et, chez un alevin de 14,5 mm, elle atteignait une longueur totale de 162 μ.

Le canal pneumatique se détache de ce sillon dorsal un peu en arrière de son milieu. De part et d'autre de la moitié antérieure du sillon dorsal gastrique, l'épithélium pharyngien s'étend en arrière et remplit deux profondes cryptes latérales symétriques, bordées par des plis longitudinaux, tandis que les « cellules à bouchon » gastriques recouvrent un pli médioventral, sur une longueur toutefois moins grande que dans le sillon dorsal. A ce stade, lorsque le canal pneumatique va se détacher, l'épithélium simple à bouchons muqueux recouvre la totalité d'une coupe transversale du tube digestif. En arrière, l'épithélium intestinal clair apparaît d'abord à la base du pli médioventral sous le départ du canal pneumatique; il gagne ensuite toute la surface du tube digestif en s'élevant progressivement en oblique sur les flancs et atteint la ligne médiodorsale 40 à 50 μ en arrière du canal pneumatique.

Plus tard, au cours de la croissance, la région pharyngienne s'étend vers l'arrière et occupe le territoire gastrique qui disparaît progressivement. Chez les alevins de 22 mm on ne trouve plus d'épithélium gastrique que dans le canal pneumatique; et, en arrière du départ de ce canal, on voit s'affronter en biseau une région pharyngienne dorsale à paroi épaisse et une région intestinale ventrale à paroi mince.

L'étude de l'alevin de *Leuciscus rutilus* semble donc autoriser les conclusions suivantes :

1° Il apparaît nettement chez l'alevin de Gardon une région à épithélium gastrique, courte mais bien différenciée, sans glandes, homologue de la vésicule progastrique que nous avons précédemment mise en évidence chez l'alevin de Truite ([4]).

2° Le canal pneumatique naît chez le Gardon, comme chez la Truite, à partir de la vésicule progastrique, et possède un épithélium du type gastrique.

3° Il n'existe pas, au contraire de la Truite, en arrière du canal pneumatique, de zone de bourgeonnement, et il ne se développe donc pas, par la suite, un véritable estomac glandulaire.

([1]) *J. Morphol.*, **52**, 1931, p. 1-25.

([2]) *J. Morphol.*, **65**, 1939, p. 53-78.

([3]) *Bronns Tierreich*, 6 Bd, 1 Abt, 2 B., Echte Fische, 1940

([4]) F. Bernard, *Comptes rendus*, **242**, 1956, p. 2407.

ENTOMOLOGIE. — *De la présence de chimiorécepteurs sur la tarière de* Philotrypesis caricæ *L.* (Hym. Chalcidiens Callimomidæ). Note de M. **Kuttamathiathu J. Joseph**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

On sait que *Philotrypesis caricæ* L., parasite [(1) à (4)] de *Blastophaga psenes* L., pond ses œufs dans les jeunes ovaires de *Ficus carica* L. où *Blastophaga psenes* L. a déjà déposé ses œufs en même temps qu'il a injecté un peu de la sécrétion de la glande acide. Pour déposer ses œufs, *Philotrypesis caricæ* L. procède en trois temps : 1° recherche d'un endroit favorable à l'intromission de la tarière; 2° percement de la paroi de la figue et intromission de la tarière dans l'ovaire; 3° ponte. Dans la recherche de l'endroit favorable à la pénétration de la tarière, les antennes jouent un rôle important et explorent la surface de la figue. Le premier et le second temps dépendent de la nature des sensations olfactives reçues par les antennes. Le résultat de ces sensations se manifeste par l'érection de la tarière et son enfoncement dans la paroi de la figue et dans l'ovaire. En utilisant des hôtes expérimentuax tels que les figues cultivées et des figues sauvages, dont les ovaires n'hébergent pas d'œuf de *Blastophaga psenes* L., on peut expliquer le fait que ces sensations ne conduisent pas à la ponte. Bien que les parasites introduisent leur tarière dans ces hôtes expérimentaux, on ne rencontre jamais d'œuf.

Les facteurs qui font qu'un ovaire est capable d'héberger l'œuf de parasite sont : 1° la présence d'un œuf de *Blastophaga psenes* L.; 2° la sécrétion de la glande acide de *Blastophaga psenes* L. qui provoque dans le jeune ovaire une multiplication cellulaire fournissant ainsi la nourriture à la larve qui se développe. Il semble en fait que le second facteur soit plus important que le premier, car la larve de *Philotrypesis caricæ* L. n'est pas entomophage, mais phytophage [(1) à (4)]. Elle tire de l'endosperme de l'ovaire une nourriture primitivement destinée à la larve de *Blastophaga psenes* L. A aucun stade de son développement larvaire, l'Insecte ne se nourrit de la larve de *Blastophaga psenes* L., comme c'est le cas des Insectes entomophages. Certains ovaires que nous avons pu examiner contenaient un œuf de *Blastophaga psenes* L. non éclos et le dernier stade larvaire de *Philotrypesis caricæ* L. Il semble toutefois que le parasite préfère déposer ses œufs dans un milieu où sa larve sera assurée de la nourriture.

Le parasite n'entre en contact avec l'ovaire que par sa tarière. Des organes des sens localisés à ce niveau doivent nécessairement renseigner *Philotrypesis caricæ* L. sur la discrimination à faire entre un bon et un mauvais ovaire. Une étude détaillée de la tarière a montré la présence de sept sensilles campaniformes près de l'extrémité des deux valves ventrales. Des organes sensoriels de ce type ont déjà été décrits sur la tarière

de plusieurs Insectes. Les observations de G. Salt ([5]) semblent prouver qu'il existe une réception d'ordre chimique au niveau de la tarière. Il pense qu'un facteur non encore déterminé renseigne le parasite *Trichogramma* sur la possibilité d'une infestation antérieure. D. C. Lloyd ([6]) et G. C. Varley ([7]) ont émis l'hypothèse que la tarière pouvait être sensible à un stimulus provenant de l'hôte. V. G. Dethier ([8]) a démontré sur l'Hyménoptère parasite *Nemeritis canescens* que l'action d'une solution salée produisait sur la tarière en érection une réponse caractéristique.

Le « facteur interne propre à l'hôte » qui permet à *Philotrypesis caricæ* L. de faire la discrimination entre un ovaire favorable à la ponte et un mauvais ovaire est certainement d'ordre chimique. Le produit de la glande acide injecté par *Blastophaga psenes* L. dans l'ovaire de *Ficus carica* L. stimule les sensilles des extrémités des valves ventrales de la tarière de *Philotrypesis caricæ* L. En l'absence d'autres organes des sens sur la tarière, on conclut à l'activité de ces sensilles comme organes chimiorécepteurs.

([1]) G. Grandi, *Boll. Lab. Zool. Portici*, 15, 1921, p. 52-53, 82-85 et 186-187.
([2]) G. Grandi, *Rivista di Biologia*, 5, 1923, p. 9-11.
([3]) G. Grandi, *Boll. Lab. Ent. Bologna*, 3, 1930, p. 16-26, 45-49 et 179.
([4]) K. J. Joseph, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1624.
([5]) *Proc. Roy. Soc. London*, 122, 1937, p. 57-75.
([6]) *Proc. Roy. Soc. London*, 128, 1940, p. 451-484.
([7]) *Parasitology*, 33, 1941, p. 47-66.
([8]) *J. Exp. Zool.*, 105, 1947, p. 199-207.

BIOLOGIE. — *Existence de spermatophores chez les Symphyles.* Note de Mme **Lisianne Juberthie-Jupeau**, transmise par M. Albert Vandel.

Jusqu'à ce jour nous ne possédions aucune donnée sur le mode de fécondation des Symphyles. Nous avons élevé individuellement des *Scutigerella immaculata* ([1]) adultes des deux sexes dans des boîtes de Pétri garnies d'argile maintenue humide, et nous avons remarqué l'existence de spermatophores déposés sur le substrat des boîtes contenant des mâles.

L'examen des spermatophores a été fait entre lame et lamelle dans du liquide de Ringer ou après montage au polyvinyl-lactophénol pour l'étude de la morphologie. Les colorations à l'hémalun et au vert de méthyle-pyronine après fixation sur lame au liquide de Carnoy, la triple coloration de Prenant (variante de Gabe et Prenant) et la réaction nucléale de Feulgen et Rossenbeck après fixation aux vapeurs osmiques ont été employées pour l'étude cytologique du contenu des spermatophores. Des *Scutigerella* adultes ont été fixées au liquide de Bouin, débitées en coupes sériées de 7,5 μ et colorées à la triple coloration de Prenant afin d'observer la formation des spermatophores.

Chaque spermatophore (*fig.* 1) comprend trois parties : 1° un pédicelle grêle, de 1,5 mm environ de longueur, implanté sur le substrat par une base relativement large; il diminue régulièrement de diamètre jusqu'à son extrémité distale en présentant toutefois un léger renflement dans sa portion subapicale, à partir duquel il est légèrement incurvé vers le bas; 2° une tête sphérique, collante, surmontant le pédicelle, de 0,2 mm de diamètre, formée d'une très mince enveloppe renfermant une grande quantité de mucus à l'intérieur duquel sont les spermatozoïdes; 3° un granule parfaitement sphérique de 25 μ de diamètre, faisant saillie à l'intérieur de la tête, au point d'attache de celle-ci avec le pédicelle.

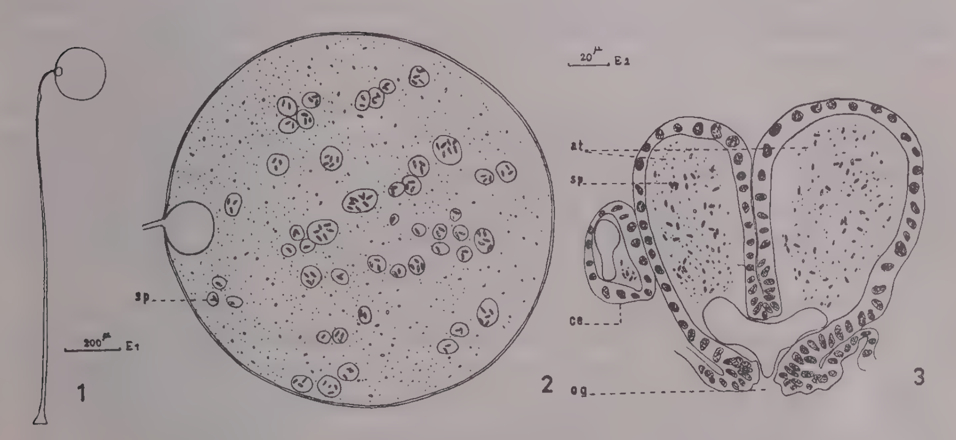


Fig. 1. — Spermatophore.

Fig. 2. — Détail de la tête et de son contenu.

Fig. 3. — Coupe transversale de la région antérieure de l'appareil génital; *at*, atrium génital; *ce*, canal éjaculateur; *og*, orifice génital; *sp*, spermatozoïde.

Échelles des figures : 1 = E_1; 2 et 3 = E_2.

Le spermatophore des Symphyles, très simple au point de vue morphologique, se rapproche de ceux décrits chez les Campodées ([2]), les Collemboles ([3]) et les Oribates ([4]).

Le pédicelle et le granule semblent être de même nature et présentent sensiblement les mêmes affinités tinctoriales; ils se colorent en gris rosé par l'hématoxyline de Groat de la triple coloration de Prenant et en rose violacé par la pyronine.

La tête du spermatophore renferme plusieurs éléments (*fig.* 2) : un liquide finement granuleux occupant la totalité de la cavité; des granulations de taille et de forme variables, homogènes ou non (dans certains spermatophores ces granulations sont constituées par une partie qui reste pratiquement incolore tandis que l'autre prend fortement l'éosine); les spermatozoïdes, enfin, au nombre de 100 à 150 par spermatophore, enrobés

soit isolément, soit par groupes de 2 à 10, dans des boules d'une substance fortement réfringente, colorable en brun clair par l'hématoxyline.

L'étude de coupes sériées de mâles adultes nous a montré dans les testicules et les vésicules séminales, les canaux éjaculateurs et l'atrium génital, des spermatozoïdes identiques à ceux que renferme la tête du spermatophore; ils ne sont pas, toutefois, inclus dans des boules réfringentes mais disséminés au sein d'une substance éosinophile qui semble identique à celle qui remplit la tête du spermatophore. Une substance de même affinité tinctoriale que celle du pédicelle et du granule se retrouve dans les canaux éjaculateurs sous forme de flaques et dans l'atrium génital sous forme de deux masses globuleuses, soit séparées par la cloison médiane, soit coalescentes au niveau de l'ouverture génitale sous le bord de la cloison, libre à cet endroit (*fig.* 3).

L'émission des spermatophores, qui peut avoir lieu en l'absence de la femelle, se produit au milieu d'une intermue et se poursuit pendant plusieurs jours, consécutifs ou non; un même animal est capable d'émettre jusqu'à 24 spermatophores à raison de 1 à 8 par jour. Il est vraisemblable que la femelle peut capter la tête du spermatophore mais il ne nous a pas été possible jusqu'ici d'observer ce phénomène.

(1) Cette espèce a été déterminée selon les critères de la systématique actuelle; la variabilité de certains caractères morphologiques, jointe à des remarques biologiques, nous portent à croire que deux formes ou deux espèces sont confondues sous ce vocable et nous conduiront à réviser les espèces françaises du genre dans un travail ultérieur.

(2) Schaller, *Naturwissenschaften*, 41, 1954, p. 406-407.

(3) Schaller, *Ibid.*, 39, 1952, p. 48.

(4) Pauly, *Ibid.*, 39, 1952, p. 572-573.

BIOLOGIE DES INSECTES. — *Déterminisme de l'apparition des larves estivales de* Periphyllus (Aphidinæ). Note de M. **Lucien Bonnemaison**, présentée par M. Émile Roubaud.

L'apparition des larves estivales des Purerons du *G. Periphyllus* est conditionnée par un facteur interne; la durée de la diapause est sous la dépendance de la photopériode.

Les *Periphyllus* existant en France se développent tous sur les *Acer*; deux espèces communes : *P. testudinatus* Thornton et *P. aceris acericola* Wlk. ont sensiblement la même biologie : elles se nourrissent des feuilles d'*Acer pseudoplatanus* L., et se caractérisent par des larves « estivales » qui ont une morphologie très particulière.

Les fondatrices de *P. aceris acericola* (1) deviennent adultes à partir du début d'avril et donnent naissance à des *fundatrigeniæ apteræ* et surtout

alatæ. A partir du 5 mai, en moyenne, ces deux formes engendrent parfois une seconde génération de virginipares, mais, plus souvent, exclusivement des larves estivales qui restent en diapause jusqu'à la fin de juillet ou le début de septembre (certaines d'entre elles ne reprennent pas leur croissance); ces larves deviennent des sexupares qui produisent des mâles et des femelles sexuées. Une faible proportion de larves morphologiquement identiques aux larves estivales reprennent leur développement à partir du début de juin et deviennent des virginipares aptères qui se reproduisent sans interruption et donnent naissance à des sexupares aptères dans le courant du mois d'août.

Les larves estivales naissent donc lorsque la photopériode est de 14 h 30 et la température moyenne de 12°; leur diapause cesse lorsque la photopériode est de 14 h 45 et la température moyenne de 18°; la durée moyenne de la diapause est de 90 jours.

J'ai essayé de modifier le cycle en faisant intervenir diverses photopériodes; tous les essais ont été faits sur des *Acer pseudoplatanus* en pots. Des larves estivales ont été soumises, le lendemain de leur naissance (23 mai), à la lumière naturelle (lot A) ou à une photopériode de 8 h 30 (lot B); dans le lot A, la diapause a cessé entre le 31 juillet et le 29 août (durée moyenne, 57 jours) et, dans le lot B, entre le 8 juin et le 4 juillet (durée moyenne, 25 jours); des larves du lot A exposées à une photopériode de 8 h 30 à partir du 26 juin ont repris leur activité le 4 juillet.

Des photopériodes de 16 h ou de 8 h appliquées aux fondatrices et à leur descendance n'inhibent pas la naissance des larves estivales mais interviennent sur le développement de ces dernières. Sous une photopériode de 8 h, la durée de la diapause n'est que de 12 à 40 jours : les larves estivales deviennent des virginipares aptères qui engendrent d'autres virginipares et 8 générations de virginipares peuvent se succéder jusqu'à la production des sexupares qui a lieu en septembre. Sous la photopériode de 16 h, les larves sont, en règle générale, encore en diapause au moment de la chute des feuilles, c'est-à-dire après plus de 160 jours.

On pouvait supposer que les larves estivales ne pouvaient être produites que par les *fundatrigeniæ apteræ* ou *alatæ*. Une lignée a été constituée avec une fondatrice récoltée en avril 1953; les larves estivales et les générations suivantes ont été exposées à une photopériode naturelle ou mixte de 16-18 h et il a pu être élevé, entre le mois d'août 1953 et le mois de juillet 1956, 39 générations parthénogénétiques qui n'ont produit à aucun moment des larves affectées d'une diapause. Un lot de la 14e génération élevé au début de juillet sous une photopériode de 15 h (lumière artificielle) a produit des larves estivales qui ont repris leur activité 22 jours après leur naissance. Un lot de la 26e génération a été élevé à la lumière naturelle, le 21 avril 1955; il a été observé, à partir du 17 mai un mélange

de larves de virginipares et de larves estivales, mais la croissance de ces dernières a repris 10 à 25 jours après leur naissance. Au printemps de l'année 1956, la lignée a été élevée à la lumière naturelle; il n'a pas été noté de larves estivales.

Des résultats similaires ont été obtenus avec *P. testudinatus* : de jeunes Érables porteurs d'œufs d'hiver ont été placés en décembre dans une serre. Sous l'éclairement naturel il a été observé des larves estivales, à partir du 23 février et la croissance de ces larves a repris le 24 mars; la durée de la diapause a donc été d'un mois. Des larves estivales obtenues le 30 mars, dans un lot éclairé 16 h par jour et placées, le lendemain de leur naissance, sous une photopériode de 8 h 30, ont commencé à redevenir actives le 27 avril, mais 75 % des larves étaient encore en diapause le 22 juin. Enfin des larves estivantes, nées au début d'avril et placées sous une photopériode de 16 h ou à la lumière naturelle étaient encore en diapause le 20 septembre.

Ces expériences montrent que les larves estivales, qui sont normalement de jeunes sexupares, peuvent devenir des virginipares si les conditions de milieu sont légèrement modifiées. La durée de la diapause est conditionnée par la photopériode; elle est facilement rompue lorsque celle-ci est courte.

L'apparition des larves estivales des *Periphyllus* est liée à un facteur interne similaire à celui qui a été signalé pour le déterminisme des formes sexupares chez d'autres *Aphidinæ* (2); comme dans ce dernier cas, ce facteur peut être éliminé, après plusieurs années de reproduction parthénogénétique.

(1) D. Hille Ris Lambers, *Tijdschrift V. Entom.*, 1947, p. 225-242.
(2) L. Bonnemaison, *Ann. Inst. Rech. Agron.*, Série Épiphyties, 1951, p. 1-380.

BIOLOGIE EXPÉRIMENTALE. — *Existence d'un organe analogue à la « glande androgène » chez un Pagure et un Crabe.* Note de Mme **Hélène Charniaux-Cotton**, présentée par M. Pierre-P. Grassé.

Chez le mâle d'*Orchestia gammarella* (Crustacé Amphipode), j'ai décrit une paire de « glandes androgènes » accolées à la région subterminale des canaux déférents. Des expériences d'ablation et de greffe ont prouvé que ces glandes sont la source exclusive de l'hormone responsable de la différenciation des caractères sexuels primaires et secondaires mâles (1). Elles constituent le premier exemple d'un tissu sécréteur d'hormone sexuelle, séparé de la gonade et individualisé en glandes.

Les autres renseignements sur le déterminisme hormonal des caractères

sexuels chez les Crustacés concernent les Isopodes terrestres : de Lattin et Gross [2] et J.-J. Legrand [3] ont constaté que les testicules implantés dans des femelles sont capables d'induire la différenciation des caractères sexuels secondaires mâles. Legrand estime que le tissu endocrine est le « tissu sertolien » [4].

Devant une telle différence entre deux Ordres voisins, il est intéressant d'étudier d'autres Crustacés. Deux Décapodes ont été examinés : un Pagure, *Clibanarius misanthropus* (Risso) et un Crabe, *Carcinus mænas* (L.).

Chez *Clibanarius misanthropus*, un organe vermiforme d'environ 0,5 mm de long est accolé à la fois à la région subterminale du canal déférent et au nerf qui innerve la gaine musculaire de ce dernier; l'accolement est discontinu, certaines portions paraissant libres. L'organe n'est pas formé d'un tronc unique mais par endroits est divisé longitudinalement, les deux parties s'enroulant parfois l'une autour de l'autre. Les caractères histologiques sont très voisins de ceux de la glande androgène. Sur coupes transversales, suivant le niveau, on observe un ou deux amas de cellules. Ces amas sont plus ou moins circulaires. Les noyaux, d'un diamètre de 6 à 7 μ, sont surtout disposés à la périphérie. Les limites cellulaires sont assez bien marquées. Le cytoplasme présente un aspect vacuolaire. Le diamètre des plus petites sections de l'organe mesure approximativement 20 μ, celui des plus grandes dépasse 100 μ.

A la région subterminale du canal déférent de *Carcinus mænas* adhère un organe de dimension assez importante puisqu'il mesure 7 mm de long chez un mâle de 7 cm de large. Il est également vermiforme mais présente de nombreuses circonvolutions dont certaines sont accolées au canal déférent. Son diamètre assez régulier est de 35 μ. La structure histologique est semblable à celle de l'organe décrit chez le Pagure.

En conclusion, chez le Décapode Anomoure : *Clibanarius misanthropus* et le Décapode Brachyoure : *Carcinus mænas* existe une paire d'organes dont la situation et les caractères histologiques sont analogues à ceux des glandes androgènes d'*Orchestia gammarella*. A ma connaissance, jusqu'ici ils n'ont été ni signalés ni décrits. Des expériences d'ablation et de greffe sont en cours d'exécution; elles permettront de justifier ou d'infirmer l'homologation de ces organes aux glandes androgènes.

[1] *Comptes rendus*, **239**, 1954, p. 780 et **240**, 1955, p. 1487; *Ann. des Sc. nat., Zool.* **18**, 1956, p. 305-310.

[2] *Experientia*, **9**, n° 9, 1953, p. 338-339.

[3] *Comptes rendus*, **238**, 1954, p. 2030; **239**, 1954, p. 321.

[4] *Comptes rendus*, **240**, 1955, p. 120.

CHIMIE BIOLOGIQUE. — *Biosynthèse de la vitamine* A *chez* Gambusia holbrooki, *Grd.* Note (*) de MM. **René Grangaud**, **Pierre Vignais**, Mlle **Renée Massonet** et M. **Jean-Pierre Moatti**, présentée par M. Robert Courrier.

Dans une étude antérieure ([1]), ([2]), il a été établi que l'astaxanthine (3.3'-dihydroxy-4.4'-dicéto-β-carotène), devait être considéré comme une provitamine A pour *Gambusia holbrooki* Grd. L'administration de ce caroténoïde à des gambouses carencés en axérophtol provoque en effet la formation de vitamine A décelable dans l'intestin, le foie et les yeux. Mais, dans ces expériences, il n'avait pas été recherché si la vitamine synthétisée était uniquement la vitamine A_1 (rétinol) ou si la vitamine A_2 (déhydro-rétinol) était également présente.

Le but de ce travail a été d'élucider cette question et de tenter en même temps de préciser la cinétique et les étapes de la transformation de l'astaxanthine en vitamine A.

Première expérience. — 807 gambouses (♂ et ♀) ont été soumis pendant 12 jours au régime carencé en vitamine A ([1]), puis 300 sujets (150 ♂ et 150 ♀) ont été sacrifiés et les vitamines A_1 et A_2 ont été recherchées et dosées dans les intestins, les foies et les yeux par la réaction de Carr et Price, technique cinétique, les absorptions étant mesurées respectivement à 620 et 693 mμ au spectrophotomètre de Beckman. Les résultats suivants (exprimés en unités internationales de vitamines par gramme de tissu frais) ont été obtenus :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Intestins	Néant	Néant
Foies	12 U. I.	5 U. I.
Yeux	23 U. I.	6 U. I.

Les 507 gambouses restants ont alors reçu pendant les 15 jours suivants le même régime auquel avait été en outre incorporé un extrait huileux d'astaxanthine. Ils ont été ensuite sacrifiés. Les dosages de vitamines ont fourni les valeurs suivantes :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Intestins	13 U. I.	6 U. I.
Foies	25 U. I.	17 U. I.
Yeux	38 U. I.	Traces

Cette expérience établit donc que l'administration d'astaxanthine provoque la néoformation à la fois de vitamine A_1 (rétinol) et de vitamine A_2 (déhydro-rétinol).

Deuxième expérience. — 600 gambouses mâles ([3]) ont été soumis pendant 8 jours au régime carencé. Au bout de ce temps, 150 animaux ont

été sacrifiés. La vitamine A_1 n'était plus décelable dans l'intestin; il subsistait des traces non dosables de vitamine A_2. Les 450 sujets restants, partagés en trois lots de 150, ont alors reçu un repas abondant unique du régime carencé surchargé en astaxanthine et ont été sacrifiés respectivement 2, 3 et 7 h après le repas. Les vitamines A_1 et A_2 ont été recherchées et dosées dans l'intestin.

Les résultats suivants ont été enregistrés :

	Vitamine A_1.	Vitamine A_2.
Lot I	néant	néant
Lot II	11 U. I.	néant
Lot III	5 U. I.	traces

Ces résultats montrent que la vitamine A_1 apparaît en quantité importante 3 h après l'administration d'astaxanthine et que la concentration passe par un maximum pour décroître ensuite rapidement.

Au cours de cette étude cinétique, une partie aliquote de l'extrait éthéropétrolique du lot I a été chromatographiée sur alumine (microcolonne de 5 mm de diamètre, alumine d'activité II). Cette opération a mis en évidence la formation d'un pigment caroténoïde dont le comportement chromatographique évoquait le β-carotène, mais la quantité en était trop faible pour permettre une tentative d'identification.

Troisième expérience. — 630 gambouses femelles [4] ont reçu pendant 23 jours le régime synthétique carencé. Après que, sur 150 animaux, l'absence des vitamines A_1 et A_2 dans la muqueuse intestinale ait été vérifiée, les 480 gambouses restants ont été partagés en trois lots égaux et ont reçu un repas unique du régime surchargé en astaxanthine puis ont été sacrifiés 3 h plus tard. Le repas du lot II a été décalé de 1 h et celui du lot III de 2 h par rapport à celui du lot I; les animaux sacrifiés ont été maintenus à 0° C et les intestins ont été immédiatement immergés dans l'alcool refroidi au fur et à mesure de la dissection. Ces précautions ont été prises pour éviter que ne se prolongent au-delà des 3 h fixées les phénomènes enzymatiques. La totalité des intestins des trois lots réunis (5,150 g) a été saponifiée et l'insaponifiable a été repris par l'éther de pétrole. La solution a été lavée à l'eau, séchée sur sulfate de sodium anhydre et chromatographiée sur alumine d'activité II. Le développement du chromatogramme par l'éther de pétrole additionné de 0,5 ‰ de méthanol a permis d'isoler un pigment migrant lentement et de la même façon que le β-carotène. Après élution, le pigment purifié par une seconde chromatographie a révélé un spectre comparable à celui du β-carotène bien que légèrement décalé vers les courtes longueurs d'ondes (maximum principal à 448 mμ dans l'éther de pétrole). Par chromatographie d'un mélange de la solution éthéropétrolique avec une solution de β-carotène

de même densité optique, on a obtenu après développement une zone unique, ce qui permet d'identifier le pigment étudié au β-carotène.

Conclusions. — De l'ensemble de ces expériences il résulte que l'administration d'astaxanthine à *Gambusia holbrooki* Grd. provoque la néoformation des vitamines A_1 (rétinol) et A_2 (déhydro-rétinol). La vitamine A_1 apparaît la première, ce qui suggère que la vitamine A_2 doit dériver de la vitamine A_1 par déshydrogénation de celle-ci. Enfin, l'isolement de β-carotène au cours de l'étude cinétique du phénomène démontre que la réduction des fonctions oxygénées de la molécule d'astaxanthine précède, dans la muqueuse intestinale de *Gambusia*, la coupure oxydante de la chaîne terpénique.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) R. Grangaud et Mlle R. Massonet, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1087.

(2) R. Grangaud et Mlle R. Massonet, *Arch. Sc. Physiol.*, 9, 1955, p. 245.

(3) Les femelles ont été écartées pour éviter qu'une gestation éventuelle ne puisse apporter une quantité imprévue de vitamine A dans la muqueuse intestinale.

(4) A cause de leur taille relativement grande, les femelles ont été choisies de préférence aux mâles pour cette expérience mais la durée de la carence a été portée à 23 jours pour éliminer la période de gestation.

PHARMACOLOGIE. — *Action des isomères de la thiovaline sur la croissance du Rat blanc.* Note (*) de M. **Jacques-R. Boissier**, présentée par M. Léon Binet.

La *d*-thiovaline, produit obtenu lors du clivage de la pénicilline, possède la même action sur la croissance du Rat que cet antibiotique. Par contre la *l*-thiovaline montre un pouvoir inhibiteur de la croissance. La *dl*-thiovaline ne possède aucune action.

Depuis la découverte du rôle des antibiotiques comme facteur de croissance et leur utilisation dans l'alimentation des animaux, les mécanismes d'action invoqués pour expliquer ce pouvoir eutrophique font intervenir avant tout l'action antibiotique des dérivés utilisés soit qu'ils exercent une influence favorable sur certains germes capables de produire eux-mêmes des facteurs de croissance pour l'animal, soit qu'ils éliminent d'autres germes consommateurs ou destructeurs de facteurs de croissance présents dans le tube digestif. Or, dès 1947, W. Goetsh (2) a montré que le développement des insectes était favorisé par la pénicilline *inactivée*, donc dénuée de tout pouvoir antibiotique. Elam et ses collaborateurs (1), puis J. H. Taylor et W. S. Gordon (3) décrivent l'action favorable sur la croissance du Poussin et du Porc de la pénicilline inactivée. Il semble donc raisonnable de penser que le pouvoir antibiotique n'est pas entièrement responsable de l'action observée sur la croissance.

Nous nous sommes proposé d'étudier si les produits obtenus lors du clivage de la pénicilline G possédaient la même action sur la croissance que la pénicilline elle-même. Nous rapportons dans cette Note les résultats obtenus avec les isomères de la thiovaline ou acide méthyl-3-thiol-3-amino-2-butyrique.

Nous avons sélectionné 200 rats Wistar, pesant 60 g (± 1 g), divisés en cinq lots de 40 animaux (20 mâles et 20 femelles) groupés par cage de cinq. La nourriture et la boisson sont fournies à volonté aux animaux qui sont pesés tous les trois jours :

— Les animaux du lot T servent de témoins;

— Les animaux du lot P reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 79 mg pour 100 g de benzylpénicillinate de sodium;

— Les animaux du lot D reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *d*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate);

— Les animaux du lot L reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *l*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate);

— Les animaux du lot R reçoivent chaque jour, six jours sur sept, 30 mg pour 100 g de *dl*-thiovaline (sous forme de chlorhydrate).

L'administration se fait à l'aide d'une sonde œsophagienne. L'expérience est poursuivie pendant 60 jours.

Lots.	Nombre de rats au début.	Nombre de rats à la fin.	Poids initial (moyenne).	Poids final (moyenne).	Augmentation.	Augmentation (%).	Augmentation relative.
T.....	40	37	60 (± 1)	83,6 (± 4)	23,6	40	–
P.....	40	40	60 (± 1)	103,5 (± 6,5)	43,5	72	44
D.....	40	37	60 (± 1)	101,7 (± 8)	41,7	70	43
L.....	40	39	60 (± 1)	69,1 (± 3)	9,1	15	–
R.....	40	36	60 (± 1)	84,9 (± 7,5)	24,9	41	2

Augmentation relative

$$= \frac{100\ (\text{augmentation moyenne du lot considéré} - \text{augmentation moyenne du lot témoin})}{\text{augmentation moyenne du lot considéré}}.$$

Le tableau ci-joint représente le nombre initial de rats dans chaque groupe, le nombre final d'animaux, la moyenne des poids au début et à la fin de l'expérience, la moyenne de l'augmentation de poids de chaque lot, le pourcentage d'augmentation de poids dans chaque lot et l'augmentation relative par rapport aux animaux témoins :

Les trois isomères de la thiovaline se conduisent d'une manière tout à fait différente. Si en effet l'isomère *d* se conduit très sensiblement comme la pénicilline, produisant une augmentation relative de la croissance de 43 % par rapport aux témoins, l'isomère *l* est un inhibiteur de la croissance. Les rats ayant reçu cet isomère n'ont en effet augmenté que de 15 g %, alors que les témoins, pendant le même temps, augmentaient de 40 g %. Les

effets de ces deux isomères semblent se compenser parfaitement dans le *dl*. L'administration de ce dernier dérivé ne provoque pas en effet une croissance sensiblement différente de celle des animaux du lot témoin.

Nous retiendrons spécialement l'action très voisine de la pénicilline et de la thiovaline; les 30 mg de thiovaline administrés quotidiennement correspondent aux 79 mg de benzylpénicillinate de sodium. Or, c'est l'isomère *d* de la thiovaline que l'on rencontre dans les produits de clivage de la pénicilline, que ce clivage soit produit par la chaleur ou par l'hydrolyse acide. Il semble donc, que chez le Rat, dans les conditions où nous nous sommes placé, il n'y ait aucune relation entre pouvoir antibiotique et action eutrophique. La *d*-thiovaline est en effet dépourvue de toute action bactériostatique; la *l*-thiovaline, par contre, inhibitrice de la croissance chez le Rat possède une légère action antibiotique.

Des recherches ultérieures sont entreprises pour préciser dans quelle mesure les mécanismes d'action de la pénicilline et de la *d*-thiovaline au niveau des métabolismes peuvent s'identifier.

(*) Séance du 8 octobre 1956.

(1) J. F. Elam et coll., *Proc. Soc. exp. Biol. and Med.*, 78, 1951, p. 832.

(2) *Osterr. Zoll. Zschr.*, 1, 1947, p. 193.

(3) *Nature* (London), 176, 1955, p. 312.

BACTÉRIOLOGIE. — *Sur les propriétés des staphylocoques conservés au contact de substances tissulaires.* Note de MM. **Rémy Richou**, **Raoul Kourilsky** et **Claude Chirol**, présentée par M. Gaston Ramon.

Dans des communications antérieures (1), nous avons montré que les staphylocoques, d'origine humaine ou animale, élaborent les hémolysines α ou β et la gélatinolysine dans des milieux additionnés de leucocytes, de collagène, de plasmas humains et animaux ou de plusieurs de ces substances à la fois. L'addition de plasma a même, dans d'assez nombreux cas, favorisé la toxinogenèse staphylococcique.

Nous basant sur ces résultats, nous avons recherché si les staphylocoques conservés, pendant des temps variables, au contact de ces diverses substances organiques, subissaient des modifications de leurs propriétés toxigènes, pathogènes et enzymatiques.

Des staphylocoques, d'origine humaine ou animale, ont été conservés, pendant des temps variables, dans des tubes à essai renfermant du plasma humain ou animal oxalaté, du collagène, des leucocytes ou un mélange de plusieurs de ces substances, puis ensemencés en milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval (G. Ramon). Après 7 jours de culture à 37°,

en atmosphère de 80 % d'air et de 20 % de CO_2, on filtrait sur bougies Chamberland L_2 ou L_3. Les mêmes staphylocoques, conservés en milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval, étaient cultivés dans des conditions semblables et les filtrats de culture obtenus titrés comparativement avec les précédents. On évaluait, d'une part, la dose minima hémolytique (D. M. H.) et la dose test hémolytique (D. T. H.) et, d'autre part, le pouvoir gélatinolytique.

Le tableau ci-dessous rend compte de l'un de nos essais

Temps de conservation.	Mode de conservation.	Souche.	Hémolysine α D. M. H.	Hémolysine α D. T. H.	Gélatinolysine (en unités).
2 mois	R. A. P.	Wood	+1/300 —1/100	+ 0,40	—1
	Plasma bovin	Wood	+1/300 —1/100	+ 0,40	—1
	Plasma cheval	Wood	+1/2000 —1/1000	+0,10 —0,15	—1
	R. A. P.	Bouley	+1/2000 —1/1000	+0,10 —0,15	10
	Plasma bovin	Bouley	+1/2000 —1/1000	0,07	+10 —30
	Plasma cheval	Bouley	+1/2000 —1/1000	+0,05 —0,07	+10 —30
5 mois	R. A. P.	Wood	+1/2000 —1/1000	+0,05 —0,07	+30 —50
	Plasma bovin	Wood	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30
	Plasma cheval	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,10 —0,15	+10 —30
	R. A. P.	Bouley	+1/1500 —1/1200	+0,10 —0,15	+10 —30
	Plasma bovin	Bouley	+1/300 —1/100	+0,40	+5 —7
	Plasma cheval	Bouley	–	–	–
9 mois	R. A. P.	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,12 —0,15	+3 —10
	Plasma bovin	Wood	+1/1500 —1/1200	+0,15 —0,20	+3 —10
	Plasma cheval	Wood	+1/800 —1/500	+0,20 —0,25	+1 —3
	R. A. P.	Bouley	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30
	Plasma bovin	Bouley	+1/500 —1/300	+0,25 —0,30	+3 —10
	Plasma cheval	Bouley	+1/1000 —1/800	+0,15 —0,20	+10 —30

De l'ensemble de nos expériences — compte-tenu des différences considérables, sur lesquelles nous avons maintes fois insisté avec G. Ramon, et que l'on enregistre habituellement dans la production de la toxine staphylococcique, d'un ballon de culture à l'autre, même lorsque toutes les conditions de culture sont identiques — il résulte que les souches de staphylocoque Wood et Bouley, d'origine humaine, gardent intactes leurs propriétés toxigènes et gélatinolytiques dans les divers milieux utilisés. Il semble même que le plasma humain oxalaté, le collagène, les leucocytes, constituent un milieu conservateur supérieur au milieu à base de digestion papaïnique de viande de cheval.

De même, le pouvoir pathogène des staphylocoques n'est pas atténué lorsque ces germes sont conservés pendant plusieurs mois dans ces différents milieux. Par contre, le plasma de cheval est moins favorable à la conservation des propriétés toxigènes des staphylocoques d'origine canine.

La conclusion pratique qui se dégage de ces recherches est qu'en présence des substances tissulaires, les staphylocoques conservent, in vitro, *leurs propriétés toxigènes. On peut penser qu'il en est de même dans les organismes humains ou animaux qu'ils ont envahis.*

(1) R. Kourilsky, R. Richou et Mme H. Richou, *Comptes rendus*, 241, 1955, p. 1229; *Revue d'Immunologie*, 19, 1955, p. 392.

VIROLOGIE. — *Culture du virus de la variole sur cultures de tissus.* Note de MM. **André Boue** et **Marcel Baltazard**, présentée par M. Jacques Tréfouël.

Les techniques d'étude expérimentale de la variole se limitent actuellement à l'inoculation à l'œuf incubé et au singe. La technique devenue courante de la culture sur tissus en tubes roulants, telle que nous avons pu la pratiquer au laboratoire de J. Vieuchange, à l'Institut Pasteur de Paris, nous a permis de tenter la culture du virus variolique.

L'appareil, les tubes, le bouchage et la préparation des explants sont ceux décrits par Enders. Comme liquide nutritif nous employons le milieu à la lactalbumine de Melnick : solution d'hydrolysat de lactalbumine (1) à 5 % dans la solution de Hanks, 10 ml; solution de Hanks, 67 ml; liquide amniotique bovin, 23 ml; milieu auquel nous ajoutons : pénicilline, 100 U et streptomycine, 250 µg/ml. Pour éviter les contaminations par des éléments mycéliens, lorsque la suspension virulente est préparée à partir de croûtes, nous ajoutons aux antibiotiques précédents : tétracycline, 50 µg et nystatine, 50 U. Le liquide nutritif est changé tous les quatre à cinq jours en tenant compte du virage du milieu.

Le matériel virulent provient de varioleux en évolution [Kachan, 200 km au Sud de Téhéran, épidémie de l'été 1955; Téhéran, novembre 1955 (cas isolé); Sabzevar, 700 km à l'Est de Téhéran, épidémie du printemps 1956 (2)]. Le matériel a été utilisé soit frais, soit conservé au congélateur à — 25° C.

Le diagnostic de variole a été confirmé au laboratoire par les méthodes classiques : inoculation de liquide de vésicules ou de pustules à la membrane chorio-allantoïdienne d'œufs de poule au 11e jour de l'incubation ; examen des membranes après trois jours; inoculation de liquide de pustules ou de broyat de membranes chorio-allantoïdiennes infectées à la peau du lapin pour éliminer la vaccine. Dans la suite nous avons utilisé la méthode d'identification des virus par la neutralisation par les immunserums, décrite plus loin.

Les suspensions virulentes utilisées sont préparées soit à partir d'effilures contenant du liquide de vésicules ou de pustules, soit de croûtes varioliques, soit de membranes chorio-allantoïdiennes infectées. Enfin le plus souvent, la

suspension virulente est constituée par le liquide nutritif prélevé dans un tube de culture en évolution. Les tubes sont infectés avec 0,2 ml de suspension virulente ; 2 ml de liquide nutritif sont ajoutés après 30 mn d'incubation dans l'appareil rotatif. L'inoculation du matériel virulent est faite en général quatre jours après la mise en culture des explants, mais a été pratiquée également sur des cultures âgées de 1, 2, 3, 8 et 12 jours.

Nous avons pu ainsi cultiver le virus de la variole sur des cultures de cellules de différents tissus :

a. tissus d'embryons humains (2 à 4 mois) : peau et rein;

b. tissus de lapins adultes : rein;

c. tissus de lapins nouveau-nés (1 jour) : cœur et rein.

C'est sur le rein de lapin nouveau-né que la plupart de nos essais ont été effectués. Les explants de ce tissu donnent une prolifération rapide et abondante de fibroblastes.

Le virus de la variole provoque un effet cytopathogène. Sur les fibroblastes provenant d'explants de rein et de cœur de lapin nouveau-né et de tissu cutané d'embryon humain les lésions apparaissent trois à cinq jours après l'inoculation de la suspension virulente; elles sont localisées au début aux fibroplastes proches de l'explant : les fibroblastes s'arrondissent, se séparent les uns des autres, deviennent très réfringents, se nécrosent et sont détruits. Cet effet cytopathogène a une extension centrifuge. La nécrose des fibroblastes est souvent totale le huitième jour : le liquide nutritif ne vire plus. La date d'apparition, l'intensité et la rapidité d'extension de ces lésions sont liées au taux de virus présent dans la suspension inoculée. Sur les cellules épithéliales obtenues à partir d'explants de rein de lapin adulte et de rein d'embryon humain nous avons observé également un effet cytopathogène; son extension à l'intérieur de la culture est beaucoup plus rapide (parfois moins de 24 h).

Dans les premiers essais le contrôle de la virulence des liquides nutritifs prélevés a été fait sur l'œuf; ultérieurement l'effet cytopathogène nous a permis d'effectuer les titrages en cultures de tissus. Le taux de virulence quatre à cinq jours après l'inoculation atteint 10^{-4}. Nous avons pu faire des passages successifs (quatre passages) d'un tube (souvent après un ou deux changements du milieu nutritif) à un autre tube sans observer de diminution de la virulence.

L'effet cytopathogène a rendu possible également l'étude du pouvoir neutralisant des immunsérums sur cultures de tissus. Le sérum de sujets convalescents ou le sérum de sujets porteurs de cicatrices de variole neutralise le virus variolique : des suspensions virulentes incubées durant 1 h avec un volume égal d'immunsérum, inoculées à des cultures de fibroblastes ne produisent aucun effet cytopathogène et le liquide nutritif n'est pas virulent. La même suspension virulente incubée seule ou avec un volume égal de sérum animal (sérum de cheval) ou de sérum humain normal (sujet n'ayant pas subi la vaccination jennerienne) provoque l'apparition des lésions cytologiques habituelles.

D'autre part le sérum de lapin guéri de la vaccine ou le sérum humain provenant de sujets immunisés par la vaccination jennerienne, utilisé dans les mêmes conditions, montre une action retardante sur l'effet cytopathogène (trois jours au moins); l'extension des lésions est également ralentie.

Nous reviendrons sur ces premiers résultats fournis par les épreuves de neutralisation, ainsi que sur le pouvoir hémagglutinant des liquides de cultures.

(1) Provenant de *Nutritional Biochemical Corp.*, Cleveland (Ohio), et mise à notre disposition par N. J. E. Smadel.

(2) Le Docteur Hamed Siadat nous a procuré le matériel virulent et les immunserums.

A 15 h 40 m l'Académie se forme en Comité secret.

La séance est levée à 15 h 55 m.

L. B.

BULLETIN BIBLIOGRAPHIQUE.

Ouvrages reçus pendant les séances de septembre 1956.

The year Book of the international council of scientific unions 1956. London, The Secretary general of ICSU; 1 fasc. 21,5 cm.

Ciba Foundation symposium on Bone structure and metabolism, by G. E. W. Wolstenholme, Cecilia M. O' Connor. London, J. and A. Churchill, 1956; 1 vol. 21 cm.

Encyclopédie biologique. XLVII. *Traité des plantes médicinales chinoises*, par Jacques Roi. Paris, Éditions Paul Lechevalier, 1955; 1 vol. 25,5 cm.

Man's Role in Changing the Face of the Earth, by William L. Thomas Jr, Carl O. Sauer, Marston Bates, Levis Mumford. Chicago, The University of Chicago Press, 1956; 1 vol. 24,5 cm.

Nicolaus Copernicus. Physician and Humanitarian a new approach, by Alexander Rytel. Vol. I. Chicago, Polish Medical Alliance, 1956; 1 vol. 28 cm.

Universidad Nacional de Colombia. Anuario de Labores 1953-1954. Bogota; 1 vol. 24 cm.

Travaux de l'Institut Français d'Études Andines. T. I à IV. 1949-1950-1951-1954. Paris. Lima; 4 vol. 25 cm.

Procès-verbaux et Rapports de la Ve Réunion Technique tenue à Copenhague du 25 août au 3 septembre 1954. Copenhague, 1956; 1 vol. 24 cm.

A Bibliography of the Works of Antoine Laurent Lavoisier, 1743-1794, by DENIS I. DUVEEN and HERBERT S. KLICKSTEIN, *Analyse*, by W. A. SMEATON, in *the Library*, 5 th series. Vol. XI, n° 2, June, 1956. London; 1 tirage à part, 25 cm.

Actes de la Conférence Internationale sur l'utilisation de l'énergie atomique à des fins pacifiques, tenue à Genève du 8 au 20 août 1955. Vol. I. *Besoins du monde en énergie et rôle de l'énergie nucléaire*. Vol. XV. *Les isotopes radioactifs et les produits de fission dans la recherche et l'industrie*. Nations Unies, Genève, 1956; 2 vol. 28 cm.

Éphémérides nautiques pour l'an 1957; ouvrage publié par le BUREAU DES LONGITUDES. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 27 cm.

Collection de monographies sur la théorie des fonctions. Leçons sur les principes topologiques de la théorie des fonctions analytiques, par SIMION STOÏLOW. 2e édition, augmentée de *Notes sur les fonctions analytiques et leurs surfaces de Riemann*. Paris, Gauthier-Villars, 1956; 1 vol. 25 cm.

Publicazioni. Vol. I, 1913 à 1927. Vol. II, 1928 à 1932. Vol. III, 1932 à 1934. Vol. IV, 1931 à 1932. Estratto da *Fauna et Flora del Golfo di Napoli*. Vol. V, 1934 à 1937, par UMBERTO D'ANCONA; 5 vol. 27,5 cm.

Cromosomi e ormoni sessuali, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalle *Attualità Zoologiche*. Vol. IV, 1938. Torino, Rosenberg et Sellier; 1 fasc. 24,5 cm.

Richerche idrobiologiche sul Padule di Furecchio. I. Nota Introduttiva, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bolletino di pesca, di piscicoltura e di idrobiologia*. Anno XIV, 1938. Roma; 1 fasc. 24 cm.

Possibilità evolutive nel gruppo dei pescei, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto del volume commemorativo. *Grigore Antipa*. Bucuresti, 1938. Imprimeria Nationalã; 1 fasc. 25 cm.

Considerazioni sulla classificazione dei Niphargus italiani con speciale riguardo a quelli delle regioni Venete, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del Reale Istituto Veneto di scienze, Lettere ed arti*. Venezia, 1939; 1 fasc. 24 cm.

Grandezze nucleari e poliploïdismo nelle cellule somatiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Monitore Zoologico Italiano*. Anno L., nos 8-9, 1939. Firenze, Luigi Nicolai; 1 fasc. 24,5 cm.

Stato attuale delle ricerche sulla determinazione del sesso nei Vertebrati inferiori, et *A proposito di Gambusie*, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino di Zoologica*, Anno X, nos 1-2. Rosenberg et Sellier, Torino, 1939; 2 fasc. 24 cm.

Conoscenze e incertezze sul problema della sessualita dell' anguilla, par UMBERTO D'ANCONA. Venise, 1939; 1 fasc. 27 cm.

Pisces, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Missione Biologica nel paese dei Borana Raccolte zoologiche*. Vol. II, parte I, 1939-XVIII. Roma, 1940; 1 fasc. 25 cm.

Fenomeni di concorrenza tra le due popolazioni di Dafnie conviventi nel Lago di Nemi, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalla *Rivista di Biologia*. Vol. XXX, 1940-XVIII. Firenze; 1 fasc. 24 cm.

Sul poliploidismo delle cellule epatiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dal *Bollettino della Societa Italiana di Biologia sperimentale*. Vol. XVI, fasc. 1, 1941-XIX; 1 fasc. 24 cm.

Ulteriori osservazioni e considerazioni sull' ermafroditismo e il differenziamento sessuale dell' orata (*Sparus auratus* L.) (*Completamento delle ricerche della Dott. A. Pasquali*), par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalle *Pubblicazioni della Stazione di Napoli*. Vol. XVIII, fasc. 3, 1941. Napoli; 1 fasc. 24,5 cm.

I Niphargus Italiani tentativo di valutazione critica delle minori unita sistematiche, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto de *Memorie dell' Istituto Italiano di Speleologia*, serie Biologica, Memoria IV. Trieste, 1942; 1 fasc. 29,5 cm.

Nuovo contributo alle conoscenze sul differenziamento sessuale dei Pesci, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*. Tomo CII, Parte II. Venezia, 1943; 1 fasc. 24 cm.

La distribuzione dei sessi delle anguille nelle valli da pesca, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti del Reale Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*. Tomo CII, Parte II. Venezia, 1943; 1 fasc. 24 cm.

Ermafroditismo e intersessualità, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Medicina e Biologia*. Vol. III. Roma, 1943 ; 1 fasc. 24,5 cm.

La lotta per l'esistenza, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dalla *Rivista Statistica*. Anno III, fasc. 1. Torino, Einaudi, 1943; 1 fasc. 24 cm.

Nuove ricerche sulla determinazione sessuale dell' Anguilla, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dall' *Archivio di Oceanografia e Limnologia*. Anno III, fasc. 3. Venezia, 1943; 1 fasc. 26,5 cm.

Sessualità del soma e sessualizzazione delle cellule germinali, et *Intersessualità transitoria e ovogenesi abbreviata nei Vertebrati inferiori*, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto dagli *Atti dell' Istituto Veneto di Scienze, Lettere ed Arti*. Venezia, 1944-1945 ; 2 fasc. 24 cm.

Del metodo di indagine in biologia, par UMBERTO D'ANCONA. Estratto da *Analisi rassegna di critica della scienza*. Fasc. II. Milano, 1945; 1 fasc. 23,5 cm.

Estratto dal *Bollettino della Societa Italiana di biologia sperimentale*. Vol. XX, fasc. 9-10, 1945 : *L'Induzione somatica delle cellule germinali. L'ermafroditismo nel genere diplodus* (*sin. Sargus, Teleostei*). Vol. XXII, fasc. 6, 1946 : *Ermafroditismo e gonocorismo in Alcuni sparidi*; 3 fasc. 24,5 cm.

(*A suivre.*)